
24ColorCard
CameraTrax.com


STAINLESS STEEL

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE

SEHTHÄTIGKEIT

DER

NETZHAUT UND DES GEHIRNS.

VON

ARNALDO ANGELUCCI,

PROFESSOR,

DIRECTOR DES OPHTHALMOLOGISCHEN INSTITUTS DER UNIVERSITÄT ZU PALERMO.

MIT ZWEI TAFELN.



GIESSEN.

VERLAG VON EMIL ROTH.

1890.

Separatabdruck aus: Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere. Herausgegeben von Jac. Moleschott.

XVIII.

Unterfuchungen über die Sehthätigkeit der Netzhaut und des Gehirns.

Von Prof. **Arnaldo Angelucci**, Director des ophthalmologifchen Inftituts der Univerfität zu Palermo.

Mit 2 Tafeln.

---

1. Die Lebenserfcheinungen der neuroepithelialen Netzhautfchicht und eine neue Lehre des Sehens. 2. Bau- und Thätigkeitsmechanismus der leitenden Wege der Lichtempfindung. 3. Die lichtempfindenden Eigenfchaften der Hirnrinde bei den höheren Wirbelthieren und dem Menfchen.

Der Sehakt geht aus einer Anzahl von Thätigkeiten hervor, die der Netzhaut und dem Gehirn eigen find. Die Grundlagen hierfür find: die fpecififche Energie des peripheren Sehgebildes, der Mechanismus der leitenden Bahnen und die Fähigkeit des Gehirns, den Reiz zum Bewußtfein zu bringen. Dies find drei Räthfel, die zu löfen man feit lange fchon fich vergeblich bemüht.

Neuerdings fchrieb *Quaglino* ganz richtig mit Bezug auf das Wefen der Arbeitsleiftung der Netzhautbeftandtheilchen, aus welcher der Reiz hervorgeht, den das Centrum vom Außengebilde empfangen muß, wenn es empfinden foll: das Sehen der Netzhaut ift das Ergebniß von Geftalt- und Stoffveränderungen, welche die Schwingungen des Lichts hervorrufen. Auf welche Weife diefer Vorgang ftattfindet, vermag unfere heutige Wiffenfchaft noch nicht zu erklären.

Die neuen Arbeiten *Michel's*, *Stilling's*, *Luciani's* und *Seppilli's* bringen wohl neue Beiträge zur Erkenntniß des Baus und der

Lebenseigenſchaften der Licht empfindenden und leitenden Gebilde und der Sehganglien, erſchüttern aber zugleich die Anſchauungen über das Sehen, die in den letzten Zeiten die herrſchenden waren. *Michel* ſetzt in einer neuen Arbeit die Halbkreuzung der Sehnervenfaſern in dem Chiasma der höheren Wirbelthiere und des Menſchen in Zweifel. Der Unterſucher und ſein Unterſuchungsverfahren bürgen für die Berechtigung dieſes Zweifels. *Stilling* fand für den Sehnerven eine Wurzel beträchtlicher Stärke bis in das Rückenmark hineinreichen. *Schwalbe* zweifelt aber an ihrem Vorhandensein. *Luciani* und *Seppilli* verlegen die rohe Lichtempfindung beim Hund und Affen in die Mittelhirnganglien, während *Munk*, *Wilbrand* und mit ihnen die ganze neuere franzöſiſche Schule auch die Lichtempfindung als ſolche in die Zellen der Hirnrinde verlegen.

Ueber das Weſen der Sehthätigkeit der Hirnrinde gehen die Anſichten vollends aus einander, hier iſt die Auffaſſung und Deutung der Erſcheinungen ganz dem Gutdünken des Beobachters überlaſſen, denn hier muß nothwendig die Deutung der Sehthätigkeit in ſeinem ſeeliſchen Weſen der Beobachtung thatſächlicher Befunde zu Hülfe kommen.

Einige Beobachter waren bemüht, ſich ein Urtheil über die Vorgänge des Sehens zu verſchaffen, indem ſie die Lebensthätigkeit der einzelnen Rindenabſchnitte zu zergliedern ſuchten. Sie gingen darin ſoweit, in eine Anzahl Zellen und ein beſtimmtes Faſerbündel eine beſtimmte Thätigkeit zu verlegen; Zerſtörung dieſer ſollte das Ausfallen eines beſtimmten Sehvermögens zur Folge haben. Dem für den Menſchen aufgeſtellten Schema ordneten ſie ſodann die Sehthätigkeit aller höheren Wirbelthiere unter. Aber dieſen Lehren *Munk*'s und *Wilbrand*'s ſtehen die neueren Unterſuchungen von *Goltz* und die früheren von *Cuvier* und *Rienzi* entgegen.

Ich habe meine Arbeit in drei Theile getheilt. Der erſte handelt von den ſpecifiſchen Energien der neuroepithelialen Schicht der Netzhaut. Die Geſtalt- und Stoffveränderungen, die dieſelbe auf Lichtreize zeigt, ſchienen mir eine neue Theorie des Sehens zu

begründen. Im zweiten Theil befpreche ich den Bau und den Thätigkeitsmechanismus der leitenden Bahnen der Sehempfindungen. Der letzte endlich behandelt den Antheil, welcher der Hirnrinde beim Sehen zukommt.

ERSTER THEIL.

Die Lebenserfcheinungen der neuroepithelialen Netzhautfchicht und eine neue Lehre des Sehens.

Erfter Abfchnitt.

Bibliographifches über die Phyfiologie der Netzhaut. Das Verhalten der lichtempfindenden Netzhautbeftandtheile gegen phyfikalifche Einflüffe.

Ehe ich auf das Verhalten der Netzhaut gegen phyfikalifche Einflüffe und ihre Bedeutung für die Erweckung des Sehreizes an der Außengrenze fowie deren Wahrnehmung in den Centren eingehe, muß ich einige kurze gefchichtliche Bemerkungen vorausfchicken, um der Forfcher zu gedenken, die bis zum heutigen Tag mit fo großem Erfolge an der Erforfchung der Lebenserfcheinungen der Netzhaut gearbeitet haben.

Boll[1]) bezeichnete die Stäbchen, die Zapfen und die epithelialen Pigmentzellen der Netzhaut als die phyfiologifche Einheit der Licht- und Farbenempfindung. Er war der erfte, welcher mit der Entdeckung des Sehpurpurs einen gewichtigen Beweis für ihre Thätigkeit zu erbringen vermochte. Es ift dies ein in den geftreiften Außengliedern der Stäbchen befindlicher Farbftoff, der fich bei faft allen Wirbelthieren und dem Menfchen nachweifen läßt. In der Netzhaut des Frofches fand *Boll* außerdem grüne Stäbchen, deren Bedeutung noch nicht bekannt ift. Im Auge eines Frofches fand er den Bereich der Netzhaut, der von einem ganz feinen Lichtftrahlenbündel getroffen worden war, entfärbt. Der Netzhautpurpur der umgebenden Theile war unverändert geblieben. So beobachtete er zum erften Mal das «Optogramm», über welches uns dann *Kühne* fo gründ-

[1]) *Boll*, Sull' anatomia e fisiologia della retina. Atti della R. Accademia dei Lincei, anno 1876—77. Ser. 3. Vol. 1.

lich zu belehren vermochte. Er erwähnte eine Bewegung des Farbſtoffs der epithelialen Zellen. Unter dem Einfluß des Lichtes nämlich gelangt dieſer, vom Ende der Stäbchen längs derſelben vorrückend, bis zur äußeren Grenzſchicht, um dann in der Dunkelheit wieder an ſeine alte Stelle zurückzukehren. Näher auf ſeine Entdeckung eingehend, fand *Boll*, daß in der lebenden Netzhaut unter dem Einfluß ſehr greller Lichtſtrahlen der Purpur in fünf Minuten blaß wird, nach zehn Minuten nur noch in Spuren vorhanden und nach fünfzehn Minuten vollkommen verſchwunden iſt. Erſt nach einer Stunde des Ausruhens in völliger Dunkelheit zeigt die Netzhaut wieder die erſten Spuren der Erneuerung dieſes Stoffes. Nach zwei Stunden hat ſie den früheren Grad der Sättigung wieder erreicht.

Das farbige Licht bleicht das Schroth nach dem Verhältniß der Stärke ſeiner Brechung. Unter rothem Licht wird der Purpur ſätter, von gelb wird er nur wenig angegriffen, von den anderen Lichtſtrahlen wird er raſch gebleicht.

Die gleiche Einwirkung des Lichts fand *Boll* auch für die von *Hannover* entdeckten gelben öligen Tröpfchen, doch werden dieſe niemals gänzlich entfärbt. *Boll* ſtellt als Ergebniß ſeiner Unterſuchungen die Behauptung auf, daß das Sehroth im Leben unter der Einwirkung des Lichtes abnimmt und verzehrt wird, in der Dunkelheit ſich erneuert, und daß in dieſem wahrnehmbaren Wechſel wenigſtens zum Theil der Vorgang des Sehens beruhe.

Kühne[1]) und ſeine Schüler brachten darnach manche wichtige Aufklärung über das Weſen dieſes Stoffes, indem ſie ihn genauer und erfolgreicher unterſuchten als *Boll*. *Kühne* beſchrieb ihn als purpurroth, nannte ihn darum «Sehpurpur» und zeigte, daß es ein in den Gallenſalzen löslicher Stoff sei, der dann aus ſolcher Löſung wiederum darſtellbar iſt. In der Löſung iſt der Sehpurpur auch lichtempfindlich, indem er unter Lichteinfluß ſich in «Sehgelb» umwandelt. Der Sehpurpur und das Sehgelb

---

[1]) *Hermann*, Handbuch.

haben verſchiedene Abſorbtionsſtreifen im Spektrum. Dem Lichte ausgeſetzt, geht die Netzhaut allmälig von purpurroth in einfach roth, orange, gelb, chamois über, um endlich ſich ganz zu entfärben, oder ſie geht ſogleich aus einem blaſſen lilla in das reinſte weiß über.

Die Schnelligkeit der Entfärbung hängt von der Art des Lichtes ab. Unter Gas- oder Kerzenlicht braucht die Netzhaut eine Stunde bis zur vollſtändigen Entfärbung. Elektriſches oder Magneſialicht bleicht ſie viel raſcher.

Das Roth des Sonnenſpektrums entfärbt die Netzhaut in etwa zwei Stunden, ſtarkes, gelbes Spektrallicht etwas raſcher. Violett und Grün bleichen den Purpur in fünf bis zehn Minuten, am raſcheſten von allen aber blaues Licht.

Löſungen des Netzhautpurpurs werden in abnehmender Schnelligkeit von folgenden Lichtarten entfärbt: grün-gelb, grün, grün-blau, violett, orange, gelb, roth. Löſungen von Sehgelb werden vom blauen, violetten und grünen Licht ſchneller gebleicht als von gelbem und rothem.

Der Sehpurpur ſtammt aus dem pigmentirten Epithel der Netzhaut. Eine Froſch-Netzhaut, die aus dem Auge ausgelöſt und am Licht gebleicht worden, nimmt ihre Farbe wieder an, wenn ſie auf eine Schicht von Netzhautepithel aufgelegt wird.

Netzhäute von Fröſchen, welche lange im Dunkeln verweilt, reagiren immer alkaliſch. Je länger ſie hingegen dem Licht ausgeſetzt worden, um ſo ſtärker reagiren ſie ſauer. Auch *Kühne* erkennt in den Pigmentepithelien und den Stäbchen und Zapfen phototropiſche Epithelien, d. h. das ſpecifiſche Endgebilde des Sehnerven.

In meiner Unterſuchung über das Netzhautepithel der Wirbelthiere (1878)[1]) fand ich, daß beim Froſch die Grenze des Pigments in der Dunkelheit im oberen Drittel des äußeren Gliedes der Stäbchen liegt, und daß bei farbigem Licht in gleichem Verhältniß mit der Wirkſamkeit der Spektralfarbe auch der Farbſtoff vorwärts rückt.

[1]) *Angelucci*, Atti della R. Accademia dei Lincei, 1878.

Indem ich dann näher auf die Unterfuchung der Bewegungen des Pigments einging, bemühte ich mich zu ermitteln, ob nicht auch in den Zapfen und Stäbchen und in den Epithelzellen eine Veränderung unter dem Einfluß des Lichts vor fich gehe. (1882—84.)[1]) Ich vermochte denn auch eine gleichzeitige Einwirkung des Lichts auf diefe drei Beftandtheile zu zeigen. Außer dem Vorrücken des Farbftoffs nimmt die Epithelzelle an Höhe ab, fowohl in ihrem äußeren protoplasmatifchen Theil als auch in ihrem unteren pigmentirten Theil, der bis auf ein ganz geringes zufammenfchrumpft. Außerdem zieht fich die Epithelzelle im Breitendurchmeffer zufammen. Zu gleicher Zeit fchrumpft das äußere Glied der Stäbchen im Längendurchmeffer, indem es fich verdickt. Auch das äußere Glied der Zapfen verkürzt und verdickt fich. Die Berührung diefer beiden Zellenarten unter einander wird eine innigere. Unter dem Einfluß der Strahlen des Farbenfpektrums ift diefer Vorgang ein um fo ftärkerer, je weiter die einwirkende Farbe im Spektrum nach rechts liegt. Zwifchen dem Ruhezuftand der drei Netzhautelemente in der Dunkelheit und ihrer höchften Veränderung bei hellem Lichte ftehen die Zwifchenftufen, die den verfchiedenen Lichtarten des Spektrums entfprechend eine auffteigende Reihe von Veränderungszuftänden bilden.

Van Genderen Stort (1884)[2]) wies beim Frofch eine Bewegung des inneren Gliedes der Zäpfchen nach. Es ift dies die lebhaftefte unter den Bewegungserfcheinungen an den drei Netzhautgebilden. Das Ellipfoïd des Zapfens löft fich in der Dunkelheit aus der Berührung mit der membrana limitans, in der es fich unter Einfluß des Lichts befindet, und kommt in die Höhe des oberen Drittels des äußeren Glieds der Stäbchen zu ftehen. Die großen Zapfen mit gelben öligen Tropfen zeigen diefe Bewegung jedoch nicht.

Engelmann erfchloß (1885)[3]) das inhaltreiche Capitel der Re-

---

[1]) *Angelucci*, gazzetta medica di Roma, 1882—84.

[2]) *Van Genderen Stort*, Bericht des ophthalmolog. Congreffes in Kopenhagen, 1884.

[3]) *Engelmann*, Pflüger's Archiv 1885.

flexwirkung zwifchen Gehirn und Netzhaut. Er fand eine Bewegung im Netzhautpigment, die vollkommen der durch unmittelbare Lichteinwirkung hervorgerufenen entfprach, wenn er beim Frofch einfach den Rücken vom Licht befcheinen ließ. Ebenfo geräth das Pigment beim Frofch auch in Bewegung, wenn man das Thier von einem elektrifchen Strom durchfließen läßt, oder wenn man ihm eine Strychnineinfpritzung macht. Wird nur ein Auge dem Licht ausgefetzt, das andere aber vollkommen dunkel gehalten, fo zeigt doch auch diefes ein Herabwandern des Farbstoffs, wie wenn es ebenfalls befchienen worden wäre. Es bleibt jedoch diefe Erfcheinung aus, fobald man das Rückenmark vom Gehirn trennt oder letzteres zerftört.

Gradenigo[1]) war der Erfte, der Bewegungserfcheinungen in der äußeren Körnerfchicht beobachtete. Die Körner werden in der Dunkelheit kugeliger, im Lichte mehr länglich. Auch unterfuchte er die Einwirkung der Temperatur auf diefe Körner eingehender, als es fchon *Kühne*[2]) gethan hatte. Bei Fröfchen, die einer Wärme von 30°—40° ausgefetzt waren, ftieg der Farbftoff beinahe bis zur äußeren Grenzfchicht herab, auch wenn völlige Dunkelheit herrfchte; dabei ftreckten fich auch die Körner in die Länge wie unter dem Einfluß des Lichts. Ich beftätigte fodann (1885)[3]) die von *van Genderen Stort* und *Engelmann* angeführten Thatfachen und befchrieb die Zufammenziehung der inneren Glieder der Stäbchen unter dem Einfluß des Lichts. In der von *Gradenigo* zu gleicher Zeit veröffentlichten Mittheilung ift auch diefe Erfcheinung erwähnt. Wie die Wirkung des weißen Lichtes, welches nur in das eine Auge fällt, auch am zweiten Auge in ganz gleicher Weife zu Tage tritt, fo auch bei farbigem Lichte. Unter diefen Verhältniffen, wenn die Veränderung im einen Auge fich auf das

---

[1]) *Gradenigo,* Intorno alla influenza della luce e del calore sulla retina della rana, Padova, 1885.

[2]) *Kühne,* 1878 loc. cit. erwähnt fchon das Herabfteigen des Farbftoffs beim Frofch unter Einfluß der Kälte, der Wärme und des Curare.

[3]) *Angelucci,* gazzetta medica di Roma, 1885.

zweite überträgt und eine gleichzeitige Bewegung in den drei Netzhautbestandtheilen auftritt, bedarf es einer weit längeren Reizeinwirkung zur Erzielung dieſer Erſcheinung, als wenn beide Augen unmittelbar beſchienen würden.

In der Folge habe ich ſodann (1886)[1]) gefunden, daß auch der Schall eine Reflexwirkung auf die Netzhaut ausübt. Bei Fröſchen, die zwei Stunden lang ſtarker Gehörerſchütterung ausgeſetzt worden ſind, findet man die Farbſtoffkörner bis zur Grenzſchicht hin vorgedrungen, und die Zapfen ſind ſtark zuſammengezogen. Ein zwanzig Minuten auf eine Stelle des Auges ausgeübter Druck hat an der dem Druck gegenüberliegenden Stelle in den drei Netzhautbeſtandtheilen Veränderungen zur Folge, welche den durch Lichteinwirkung hervorgerufenen durchaus gleichen. Dasſelbe gilt von dem Einfluß, den das Marasmus-Oedem bei Fröſchen, die man lange in faulendem Waſſer gehalten hat, auf die Netzhaut ausübt.

Letzteres hat nach mir *Hess*[2]) (1887 September) gelegentlich einer anderen Verſuchsreihe ebenfalls erwähnt. Er ſagt in ſeiner Arbeit über den Naphthalinkatarakt: «Das Pigment-Epithel der Netzhaut ſcheint mir hier zum erſtenmal eine Bewegung der Farbſtoffzellen unter mechaniſcher und chemiſcher Beeinfluſſung zu zeigen, welche mit der unter Lichteinwirkung beobachteten zu vergleichen iſt». Zugleich beſchreibt er ſtarke Ernährungsſtörungen der Netzhaut, welche er als Folgen der Veränderungen in der Chorioidea anſieht.

Denissenko[3]) beſchreibt außer den ſchon angeführten Veränderungen in der Netzhaut auf Lichtreiz eine Verdickung derſelben, die auf eine Vergrößerung des Raums, in welchem die äußere und die innere Körnerſchicht ſich befinden, zurückzuführen ſei. Es entſtehe in Folge deſſen eine Druckverminderung in der Netzhaut, und die in dem subchorioidealen Raum befindliche Flüſſigkeit diffundire leichter in

---

[1]) *Angelucci,* Una nuova teoria sulla visione, Cagliari, 1886.
[2]) *Hess,* Revue d'ophthalmologie 1887.
[3]) *Denissenko,* Revue d'ophthalmologie, 1887.

diefelbe hinein. Die Kerne der inneren Körnerfchicht nehmen eine fpindelförmige Geftalt an, in der feinkörnigen Schicht werden die kleinen Körperchen dicker, in der Ganglienzellenfchicht erfcheinen die Räume, in denen die Nervenzellen lagern, beträchtlich erweitert, die Nervenfafern des Sehnerven trennen fich deutlicher eine von der andern und verdicken fich. Diefe durchgehende Erweiterung der Zwifchenräume zwifchen den Beftandtheilen der Netzhaut wird vom Unterfucher auf das Vorhandenfein des Bedürfniffes lebhafteren Wechfels der Ernährungsflüffigkeit zurückgeführt, wodurch dann der durch das Licht verbrauchte Netzhautpurpur wieder erfetzt werden könne.

Auch ich befchrieb gleichzeitig mit *Denissenko*[1]) die Erweiterung der die Ganglienzellen enthaltenden Räume und die Verdickung der äußeren Körner unter dem Einfluß des Lichts.

Die letzte Arbeit *van Genderen Stort*'s (1887)[2]) enthält wichtige Mittheilungen über den mikrofkopifchen Bau der Netzhaut der Wirbelthiere, hingegen keinerlei neue Beiträge zur Lebensthätigkeit derfelben. Auch ift ihm, der als Erfter die Zufammenziehung des inneren Gliedes der Zapfen befchrieben hatte, vollkommen entgangen, daß auch andere Beftandtheile der Netzhaut bei Lichtreiz die gleiche Bewegung zeigen. Es fcheint, daß er die davon berichtenden Arbeiten nicht gekannt hat, fonft hätte er wohl Gelegenheit genommen, diefe Mittheilungen zu beftätigen oder zu widerlegen.

Die auf mikrofkopifchem und chemifchem Wege nachweisbaren Veränderungen, welche ein phyfikalifcher Reiz in der Netzhaut zur Folge hat, gehen in der neuroepithelialen Schicht *Schwalbe*'s vor fich, d. h. in jener Netzhautschicht, in welcher die epithelialen Zellen, die Stäbchen und Zapfen und die äußeren Körner liegen.

Die neuroepitheliale Schicht — mit Ausnahme der äußeren Körner — ift zwifchen zwei häutigen Schichten gelegen (Fig. 21,

---

[1]) *Angelucci,* Atti del Congresso oftalmologico di Torino, Annali di oftalmologia, 1887.

[2]) *Van Genderen Stort,* Archiv. d'ophthalm., 1887.

22, 23, 24, 25 auf Tafel I) nämlich der limitans externa m l e und jener zarten Schicht m r, welche auf der Aderhaut aufliegend, fälfchlicher Weife als membrana basilaris chorioideae bezeichnet wird, während fie doch ein Erzeugniß der epithelialen pigmentirten Zellen ift, zu welchen fie gehört. Beim Embryo hatte ich Gelegenheit zu fehen[1]), daß ein Häutchen fowohl die vordere wie die hintere Fläche der fecundären Augenblafe deckt. Nachdem fich die einzelnen Theile von einander gefchieden und der vordere Gefäßhauttractus fich ausgebildet hat, umgiebt diefes Häutchen die Beftandtheile der fecundären Augenblafe noch immer. Von dem vorderen Ende der Netzhaut breitet es fich über die Ciliarfortfätze aus, von hier aus überzieht es die hintere Fläche der Regenbogenhaut. An deren Rand fchlägt es fich um und geht auf die hintere Fläche des Pigmentepithels der Regenbogenhaut über. Hier ift es aber nur fehr fchwer nachweisbar. Deutlich tritt es erft jenfeits der Ciliarfortfätze hervor, wo es Aderhaut und Netzhaut von einander fcheidet. Es giebt demnach keine dem Glaskörper eigene membrana hyaloidea und keine der Aderhaut eigene membrana basilaris als folche.

Bei allen Wirbelthieren, insbefondere aber bei den Kaninchen und Fröfchen, zeigt diefe «Bafalmembran» eine befondere Bildung. Sie deckt nämlich gleichfam den oberen Theil jeder Epithelzelle mit einer Kuppe (Fig. 34 m r), welche Kuppen unter einander in Zufammenhang ftehen, indem die membrana basilaris dort, wo die Epithelzellen mit ihren oberen Enden etwas von einander abftehen, fich verdickt und in die Zwifchenräume einfenkt. Dies ift der Grund, warum fie, von oben gefehen, jede Epithelzelle in einem fchönen fechseckigen Rahmen aus durchfcheinender amorpher Maffe einfchließt. Als folches heißt das Häutchen die membrana reticularis der Netzhaut.

Die Pigmentzellen allein unter den das Netzhautmofaik zufammenfetzenden Gebilden nehmen den Zwifchenraum zwifchen

---

[1]) *Angelucci,* Sullo spiluppo e struttura del tratto uveale anteriore dei vertebrati. Atti della R. Academia dei Lincei, 1880.

der limitans externa und der reticularis ganz ein. Die Stäbchen und Zapfen füllen ihn auch nur bis zu gewiſſer, unter verſchiedenen Verhältniſſen verſchiedener, Höhe aus.

An der Epithelzelle hat man zu genauerer Unterſcheidung drei Theile von einander getrennt zu halten. Die protoplasmatiſche Kuppe (Fig. 1, 2, c p), die in unmittelbarem Zuſammenhang mit der membrana reticularis ſteht (m r); dieſer Theil der Zelle iſt frei von Farbſtoff; er beſteht aus einem feingekörnten Protoplasma, in dem man einen oder zwei Kerne findet (Fig. 1, 2, 15, 16, n); außerdem enthält er fettartige Tröpfchen (Fig. 1, g o), die der chemiſchen Zuſammenſetzung nach aus Luteïn (*Capranica*) und Lipocrin (*Kühne*) beſtehen; ferner eigenthümliche Körnchen, die ich nach ihrer Reaction als Aleuronoïde bezeichnet habe (Fig. 1, 2, g a), die aber *Kühne* umtaufte und als myeloïde Körnchen bezeichnet wiſſen will. Niemals fehlt den epithelialen Zellen der Wirbelthier-Netzhaut der Kern. Die anderen Beſtandtheile, aleuronoïde Körnchen und Fett-Tröpfchen, ſind vorhanden oder fehlen je nach der Gattung des Thieres [1]).

Unmittelbar auf die protoplasmatiſche Kuppe folgt eine ſehr farbſtoffreiche Schicht, die Farbſtoffgrundſchicht, in welcher das Protoplasma der Zelle vollkommen von angehäuften Farbſtoffkörnermaſſen verdeckt wird. Von dieſer Schicht bis zur äußeren Grenzſchicht erſtrecken ſich Zellfortſätze, welche je nach den Umſtänden auf verſchiedene Länge hin mit Farbſtoff erfüllt ſind (Fig. 3, 4, 14, 27, p r).

Dieſe Fortſätze ſind ein Ergebniß des entwicklungsgeſchichtlichen Entſtehens der Stäbchen und Zapfen. Die Stäbchen und Zapfen ſind urſprünglich nicht an Ort und Stelle vorgebildet, ſondern dringen vom vorderen Blatt der Augenblaſe in den Körper der Farbſtoffzelle ein, indem ſie dabei ſich allmälig zu ihrer ſpäteren Geſtalt ausbilden und von einander unterſcheiden. In den Zwiſchenräumen, welche ſie frei laſſen, bleiben fadenförmige

---

[1]) *Angelucci*, Sulla struttura dell epitelio retinico dei vertebratti. Atti della R. Accademia dei Lincei, 1888.

Protoplasmamaſſen der epithelialen Zellen, welche innig mit der äußeren Grenzſchicht zuſammenhängen. Wenn dann die neuroepitheliale Schicht ſich von der Grenzſchicht löſt, reißen dieſe Fäden. So kommt es, daß dann dieſe Schicht an ihrer hinteren Fläche wie mit Zotten beſetzt erſcheint. Sie gehören eigentlich nicht zu ihr, wie *van Genderen Stort* annahm, ſondern ſind Trümmer von Fortſätzen der epithelialen Zellen.

In der Netzhaut des Froſches ſind an den Stäbchen und Zapfen deutlich zwei Glieder zu unterſcheiden, ein inneres und ein äußeres. Das äußere Glied der Stäbchen hat eine längliche, cylindriſche Geſtalt (Fig. 4, m c b); es iſt ein cuticulares Gebilde und beſteht aus einer Anzahl aneinander haftender Plättchen. Die Bildung des inneren Gliedes iſt weniger einfach; man erkennt an ihm einen beſonderen Körper von der Geſtalt eines Kugelabſchnitts; derſelbe iſt ſtark lichtbrechend und iſt dem äußeren Glied des Stäbchens zugekehrt, er ſitzt auf einem Cylinder von gleichmäßiger, durchſcheinender, fein gekörnter Maſſe auf. Man bezeichnet ihn als Linſe oder Ellipſoid (Fig. 4, 13, l b). Der Cylinder, den *Kühne* als myoïden Theil des inneren Glieds des Stäbchens bezeichnet hat (Fig. 4, m m b), erſtreckt ſich von der vorderen Fläche der «Linſe» bis zur äußeren Grenzſchicht m l e, wo er auf der Spitze des «äußeren Korns» etwas anſchwillt. Jedoch endigt er nicht hier, ſondern er dringt durch die äußere Grenzſchicht durch und umſpinnt das äußere Korn mit einer äußerſt zarten Protoplasmaſchicht (Fig. 4, g e b).

Der Bau des Stäbchens und des dazu gehörigen Korns muß in ſeinen Beſtandtheilen ſo gedeutet werden: das Korn entſpricht dem Kern einer Nervenzelle, das Protoplasma umhüllt ihn nur in ganz zarter Schicht, dringt dann aber als dicker cylindriſcher Fortſatz durch die limitans hindurch (myoïder Theil des inneren Glieds des Stäbchens Fig. 4, m m b). Dann unterſcheidet man noch zwei Beſtandtheile, die Linſe l b und das äußere Glied des Stäbchens. Erſtere iſt eine wenig vom Protoplasma des myoïden Cylinders abweichende Maſſe; das äußere Glied hingegen iſt ein

cuticulares Gebilde (m e b). Die Zapfen ſind ganz entſprechend zuſammengeſetzt, zeigen aber eine andere Geſtaltung. Das Protoplasma, welches die limitans externa durchdringt, ſtellt bald einen dicken Cylinder (Fig. 4, m m e), bald einen ſehr feinen fadenförmigen Fortſatz dar (Fig. 3, m m c), welcher mit ſeinem Ende einen vollkommen eiförmigen Körper, die Linſe des Zapfens, umfaßt (Fig. 4, 3, l c). Von der der Epithelzelle zugewandten Seite der Linſe geht ein glänzender, nadelförmiger Fortſatz aus (Fig. 3, 4, m e c), das äußere Glied des Zapfens. Er nimmt die Farbſtoffe, mit denen ſich die myoïden Theile färben laſſen, nicht auf, und iſt eine cuticulare Bildung. Zwiſchen dem oberen Theil der Linſe und dem unteren des äußeren Gliedes findet ſich meiſtens ein Fetttropfen (Fig. 4, 5, 6, 19, 20). In Hinſicht auf dieſen Tropfen ſcheiden ſich die Zapfen beim Froſch anatomiſch in zwei Arten: in ſolche mit und ſolche ohne den Tropfen (Fig. 3, c i). Auch giebt es zweierlei Stäbchen, die einen mit ſehr kurzem äußeren Glied und mit ſehr langem, feinem inneren (Fig. 3, 4, b s), die anderen — und dieſe bilden die Mehrzahl — mit langem äußeren und kurzem, dickem inneren Glied. Erſtere entſprechen den grün gefärbten Stäbchen, die anderen enthalten den eigentlichen Netzhautpurpur. Die Spitzen beider berühren in gleicher Höhe die Basis der Epithelialzelle.

D u n k e l h e i t. Wenn man eine Froſchnetzhaut, welche zwölf bis vierundzwanzig Stunden im Dunkeln geweſen war, gehärtet hat, ſo findet man in feinen Schnitten folgende Anordnung der Theile[1]).

Von der Seite geſehen, iſt die Epithelzelle (Fig. 1) hoch, mit gut entwickelt protoplasmatiſcher Kuppe (a p) und pigmenthaltigem Körper (b p). Die Räume (Fig. 1, a b), wo ſich die freien Enden der Stäbchen in die Epithelialzelle einſenken, ſind weit entfernt von

[1]) Ich habe mich bei meinen Verſuchen einer Löſung von Osmiumſäure 0,5 : 100 zur Härtung bedient, nach 10–20 Minuten kommen die Augen dann in Alkohol. Oder ich härte ſie in *Müller*'ſcher Flüſſigkeit und bringe ſie darauf in Alkohol. Am geeignetſten endlich fand ich folgenden Vorgang: erſt 30 Minuten bis zu drei Stunden in einer 3 : 100 Salpeterſäurelöſung, dann 10 Tage *Müller*'ſche Flüſſigkeit und zum Schluß Alkohol.

ihrem Kern (Fig. 1, n). Die Fortſätze der Zelle ſind dicht mit Farbſtoff erfüllt (Fig. 3 pr) bis zur Höhe des oberen Dritttheils der Stäbchen. Dieſe ſelbſt ſind ſchmal, länglich ſowohl in ihrem äußeren als im inneren Glied. Die Linſe (l b) entſpricht der Geſtaltung des Stäbchens, ſie iſt hoch und etwas breiter als das Stäbchen. Der myoïde Theil (m m b) endigt im äußeren Korn, welch letzteres ungefähr eiförmig iſt; es ſteht in unmittelbarer Berührung mit der äußeren Grenzſchicht, in welche es ſich ein wenig mit ſeinem oberen Ende einſenkt. Das Korn der grünen Stäbchen (b s) liegt in der zweiten Reihe der äußeren Körner. Von der vorderen Fläche der äußeren Körner erſtreckt ſich ein feiner Raum (Fig. 3, 4, c l), der nach vorn von der äußeren molecularen Schicht begrenzt wird.

Die Zapfen ſind länglich und berühren mit dem Ende des äußeren Glieds (m e c) den farbſtoffhaltigen Körper der Epithelialzelle. In Fig. 3 ſind eine Anzahl Zapfen genau wiedergegeben, um zu zeigen, wie ſtark ſie in die Länge gezogen ſind. Doch findet man zwiſchen ſolchen auch hin und wieder einige, welche nur eine mittlere Länge erreichen. Dieſe ſind zart und enthalten meiſtens einen Fetttropfen. All die Körner dieſer Zapfen ſind in zweiter Reihe hinter denen der rothen Stäbchen angeordnet. Haupturſache der großen Länge des Zapfens iſt das ſtarke Ausgezogenſein des myoïden Theils (m m c); doch tragen auch die anderen Theile dazu bei, indem die Linſe ein längliches eiförmiges Gebilde darſtellt (l c) und auch das äußere Glied zart und gedehnt iſt (m e c). An ſolchen Netzhäuten erkennt man immer eine bedeutende Anzahl von Zapfen, welche ſich nicht aus der Nähe der limitans entfernen (Fig. 3, c i); ſie ſind etwas dicker als die beweglichen Zapfen und haben eine nicht vollkommen eiförmige Linſe. Letztere iſt vielmehr ein abgeſtutztes Ellipſoid. Das äußere Korn, das zu ſolch einem Zapfen gehört, ſteht in einer Reihe mit denen der rothen Stäbchen. Die Stäbchen mit mehr entwickeltem äußeren Glied ſind purpurroth gefärbt, die anderen mit kurzem inneren Glied ſind ſchön grün. Die Fett

tropfen der Zapfen find fatt-gelb; ebenfo die, welche fich in dem Körper der farbftoffhaltigen Epithelzellen finden. Das Protoplasma der Epithelzelle ift ebenfalls rofa oder röthlichgelb gefärbt.

Licht. An Netzhäuten, welche dem Licht ausgefetzt waren, ift die Epithelzelle niedrig. Die Protoplasmakuppe fowie der farbftoffhaltige Körper derfelben (Fig. 2) find gefchrumpft. Der letztere ift etwa ein Dritttheil fchmäler als in der Dunkelheit. Der Kern (n) ift oft eiförmig. Die Spitze des Stäbchens ift von demfelben nur durch einen ganz fchmalen Protoplasmaftreifen gefchieden. Die Stäbchen find dick und fowohl in ihrem äußeren Glied (Fig. 19, m e b) als in ihrem myoïden Theil (m m b) zufammengezogen. Die Linfe der Stäbchen (l b) erfcheint etwas abgeplattet, und das cuticulare Stäbchen übertrifft fie nun im Gegenfatz zu vorhin im Breitendurchmeffer. Auch die grünen *Schwalbe'* fchen Stäbchen (Fig. 4, b s) find fowohl in ihrem äußeren als in ihrem inneren Gliede zufammengezogen. Ihr oberes Ende geht nicht tiefer herab als bis zur Linie, die die rothen Stäbchen einhalten. Die Zapfen beider Art, fowohl die mit als die ohne Tropfen, bleiben alle auf einer Linie dicht bei der limitans, welche fie mit ihren elliptifchen Körpern faft berühren. Ihr myoïdes Glied ift kurz und dick.

Die Körnchen des Netzhautpigments find beinahe bis zur Grenzfchicht hinabgeftiegen, reichen jedoch nicht an fie heran. Die keulenförmigen Enden der Körner der Stäbchen ftehen jetzt in faft unmittelbarer Berührung mit dem unteren Theil der Ellipfoide der Zapfen; was noch an Zwifchenraum bleibt, wird vom myoïden Glied des Zapfens ausgefüllt (Fig. 19, 20). So fcheint es, daß durch das unmittelbare Zufammenrücken der Theile kein Raum für ein weiteres Vordringen des Farbftoffs übrig bleibt und diefer darum nur bis zur halben Höhe des Ellipfoids des Zapfens kommt. Wahrfcheinlich wird der geringe freie Raum, der zwifchen den unteren Theilen der Stäbchen und Zapfen und den oberen Theilen der äußeren Körner noch übrig bleibt, von dem Protoplasma des im Dunkeln farbftofffreien Zellenfortfatzes erfüllt. Die Farbftoffkörnchen (Fig. 4, 19) verhalten fich folgendermaßen: fie find im

Körper der Epithelzelle nicht ſehr ſtark vertreten und ſteigen in feinen Fäden zum oberen Drittel des äußeren Glieds der Stäbchen herab. Hier ſieht man in den meiſten Fällen eine Anhäufung derſelben, dann erſtrecken ſie ſich in Strängen weiter, um am Ende flockig gehäuft zu liegen. Dies iſt folgendermaßen zu deuten: der obere Theil der Linſe des Zapfens und ſein äußeres Glied ſtoßen nicht genau mit dem myoïden Theil des Stäbchens zuſammen. In den ſo freibleibenden Raum dringt der Farbſtoff ein. Hier, wo die Berührung zwiſchen Zapfen und Stäbchen keine ſehr innige iſt, findet ſich eben eine beſonders große Anhäufung des Farbſtoffs.

Die äußeren Körner nehmen im Licht eine länglich eiförmige Geſtalt an und ſtehen weniger dicht bei einander. Ihre. — in der Abbildung — untere Reihe iſt von der molecularen Schicht durch einen weiten leeren Raum geſchieden. Dieſer entſpricht ſicher einem Lymphraum, der die äußeren Körner umgiebt. Er erweitert ſich am ſtärkſten im Sinne von vorn nach hinten dort, wo ſich Stäbchen, Zapfen und Epithelzelle zuſammengezogen finden (Fig. 4, 8, c l). Die äußeren Glieder der Stäbchen ſind ganz entfärbt und die gelben Tröpfchen ſowohl in den Zapfen als in den Epithelzellen gebleicht. Auch die Nervenzellenſchicht iſt von einem Lymphraum umgeben, der ſich in der vom Licht beſchienenen Netzhaut am meiſten erweitert zeigt.

In einer früheren Unterſuchung wollte ich mir über das Herabwandern der Farbſtoffkörnchen und die Urſache dieſer Erſcheinung Klarheit verſchaffen. Die Spitzen der Epithelzellenfortſätze ſind unbeweglich und haften an der limitans feſt. Unter der Einwirkung des Lichts jedoch verändern die Farbſtoffkörnchen ihre Stellung, indem ſie vermuthlich durch Wanderung des Protoplasmas der Epithelzelle mitgezogen werden. Im Licht nämlich nimmt das Protoplasma im Zellkörper ab, während die Fortſätze an Umfang und Größe zunehmen.

Doch ſcheinen die Körnchen an dieſer auf- und abſteigenden Bewegung auch ſelbſtthätig Theil zu nehmen. Unter ſtarker Vergrößerung ſieht man, ſowohl bei friſchen Netzhäuten als bei ſolchen,

in welchen das Protoplasma der Zelle durch die Härtung zerſtört worden, Anhäufungen von Farbſtoffkörnchen frei in einer Flüſſigkeit ſchwimmen, z. B. im humor aquæus. Dieſelben zeigen amœboide Bewegungen, welche je nach der Stärke der Lichteinwirkung verſchieden ſtark ſind. Bei grellem Licht ſind ſie ſehr lebhaft, in der Dunkelheit ſchwächer. Erhellt man unter dem Mikroſkop eine Stelle ſtärker, ſo geht die ſchwingende Bewegung der Körnchen nach dieſer Seite hin; es ſcheint demnach richtig zu ſein, wenn man annimmt, die Farbſtoffkörnchen des Netzhautepithels würden zwar hauptſächlich paſſiv von den Bewegungen des Zellprotoplasmas mitgeriſſen, könnten jedoch unter Einwirkung des Lichts auch ſelbſtthätig in den Zellfortſätzen vorwärts wandern. Es iſt wahrſcheinlich, daß ſie den Anſtoß zur Bewegung im Zellprotoplasma geben oder dieſelbe wenigſtens anſpornen.

Die Beſtandtheile der neuroepithelialen Schicht zeigen ein verſchiedenes Maß von Aneinanderhaften, je nachdem ſie dem Licht ausgeſetzt geweſen waren oder nicht. An Netzhäuten, welche im Dunkeln gehalten worden, trennen ſich die Stäbchen, die Zapfen und die *Schwalbe*'ſchen Stäbchen von der Farbſtoffepithelzelle ab, deren Fortſätze in ihrem oberen Drittel abreißen. Auch ſieht man bei genauer Unterſuchung, daß die Stäbchen nicht mehr dicht an einander ſtehen. Die Fortſätze der Epithelialzelle ſind zart und füllen den Zwiſchenraum zwiſchen je zwei Stäbchen nicht mehr vollkommen aus. Dieſe Löſung des Zuſammenhangs der Theile unter einander geſtattet den Zapfen ſich bis gegen den Körper der Epithelzelle vorzuſtrecken.

An den Netzhäuten, welche dem Lichte ausgeſetzt geweſen, iſt kein ſolcher freier Raum zwiſchen den äußeren Gliedern der Stäbchen und den Zellfortſätzen, und die Zapfen ſind zuſammengezogen und kurz. Alle dieſe Gebilde ſtellen ein zuſammenhängendes Ganzes dar, ſo daß, wenn man die Netzhaut vom Augenhintergrund ablöſt, die Stäbchen und Zapfenſchicht und häufig auch die äußere Körnerſchicht an der Epithelzellenſchicht feſthaften bleibt, welche ihrerſeits an der Aderhaut feſthält. Der durch

die Zusammenziehung der Zapfen entstehende Raum wird bei den vom Licht beschienenen Netzhäuten dadurch ausgefüllt, daß die körnigen Zellfortsätze an Masse zunehmen und die Stäbchen sich verdicken.

In der Dunkelheit bleibt der Farbstoff auf der Höhe des unteren Drittels der Stäbchen stehen, d. h. er erstreckt sich bis zur oberen Grenze der Linsen der Zapfen. Es ist klar, daß der Raum, der an der Netzhaut im Dunkeln zwischen dem myoïden Theil des Zapfens und dem Stäbchen bleibt, von einer Flüssigkeit erfüllt werden muß, welche bei Licht durch die Zusammenziehung der Stäbchen und der Epithelialzelle und durch die Dickenzunahme der Zellfortsätze, sowie der inneren und der äußeren Glieder der Stäbchen, verjagt werden muß und sich nun in die umgebenden Lymphräume ergießt, die dadurch erweitert werden. Dieses schöne Zusammenwirken, das die Bewegungen eines Bestandtheils der Netzhaut vollkommen abhängig von derjenigen des anderen macht, trägt den Stempel der Einfachheit und inneren Nothwendigkeit an sich.

Die Abbildung Nr. 4 zeigt ein Optogramm, welches erhalten wurde, indem man den Abschnitt A beschattet ließ, während die ganze übrige Netzhaut von zerstreutem Licht beschienen wurde. Innerhalb des Bereiches B sind die Stäbchen dicker, kürzer, zusammengezogen, sowohl in ihrem äußeren als in ihrem inneren Glied, auch die Linse ist dem entsprechend platter. Der Farbstoff ist so weit als möglich herabgewandert. Innerhalb des Bereiches A sind alle drei Theile der Stäbchen viel schlanker und länger; der Farbstoff reicht bis zum mittleren Drittel des äußeren Glieds des Stäbchens. Die Zapfen sind hingegen alle gleichmäßig zusammengezogen und liegen ganz auf einer Höhe. So zeigt sich, daß, wenn auch die Wirkung des Lichts eine gleichzeitige Zusammenziehung der Stäbchen und Zapfen und der Epithelzelle und ein Herabsteigen des Farbstoffs ist, die Zusammenziehung der Zapfen doch nicht die drei anderen Bewegungserscheinungen nothwendig nach sich zieht.

Die äußeren Körner sind in dem Gebiete A kugelig, im Be-

reiche B mehr länglich. Die Linie der äußeren molecularen Schicht iſt in B mehr von dem unteren Theil der Körner geſchieden als in A.

Daß die drei Netzhautbeſtandtheile unabhängig von einander ſich zuſammenziehen können, zeigt auch die Abbildung 6, welche die Netzhaut eines Froſches darſtellt, der fünf Minuten lang dem Kerzenlichte ausgeſetzt geweſen. Hier ſind die Zapfen ſtark zuſammengezogen, während die Stäbchen und der Farbſtoff ſich wie in der Dunkelheit verhalten. In dieſer Netzhaut iſt auch der Purpur noch erhalten.

Die während zwanzig Minuten einem Dämmerlicht ausgeſetzte Netzhaut (Fig. 5) zeigt mehr als Abbildung 6 einen der Lichtwirkung genäherten Zuſtand, was Stäbchen und Pigmentwanderung betrifft, während die Zapfen weniger beeinflußt erſcheinen.

Die gleichen Vorgänge, wie ſie ſich ſo an der Netzhaut des Froſches bei Lichteinwirkung zeigen, beobachtet man bei anderen Familien von Amphibien. Die Abbildung 13 ſtellt die lichtempfindenden Gebilde der Netzhaut einer 24 Stunden im Dunkeln gehaltenen Salamandra maculata dar, mit Ausnahme der Epithelzellen, Abbildung 14 die Netzhaut eines ebenſolchen Thiers, die eine Stunde lang dem Licht ausgeſetzt worden. Man erkennt an den Stäbchen wie an den Zapfen die gleichen Beſtandtheile, wie wir ſie beim Froſch kennen gelernt haben, wieder. Das äußere Glied der Stäbchen iſt viel dicker und kürzer als beim Froſch, ſein innerer Theil grenzt an einen glänzenden Körper (Ellipsoid, Fig. 13 lb), der von wenig Protoplasma umgeben iſt (myoïder Theil). Dieſer ſetzt ſich fort im äußeren Korn (g e b, g e c). Die Zapfen ſind denen des Froſches ganz entſprechend, enthalten aber Fetttröpfchen. Die meiſten Zapfen ſind klein und beweglich, die ohne Bewegung (Fig. 13 c i) zeichnen ſich durch ihre Größe aus.

Beachtenswerth iſt das Verhalten einiger der zu den Stäbchen gehörigen, äußeren Körner in der Dunkelheit (Fig. 13 g e b), dieſelben überragen nämlich ein Stück weit die membrana limitans

externa und drängen ſich in den Raum, welchen im Lichte die Stäbchen und Zapfen ausfüllen. Im Licht ſind ſie hingegen alle hinter der limitans externa aufgereiht oder überragen ſie nur wenig (Fig. 14). Es iſt offenbar nicht das äußere Korn, das ſich bei der Dunkelheit von der Stelle bewegt, vielmehr wird man bei einigen Familien der Wirbelthicre bemerken, daß einige Stäbchen keine Bewegungserſcheinung zeigen. Indem das Stäbchen ſich in der Dunkelheit nicht ſtreckt, bleibt ſein Korn an gleicher Stelle ſtehen wie im Licht. Die Körner der beweglichen Stäbchen hingegen verändern mitſammt der Grenzſchicht ihre Stellung, d. h. ſie entfernen ſich von der äußeren Netzhautfläche. So werden denn die betreffenden unbeweglich gebliebenen äußeren Körner in die Höhe der beweglichen Stäbchen und Zapfen zu ſtehen kommen. Es giebt demnach in der Netzhaut der Wirbelthiere nicht nur Zapfen, ſondern auch Stäbchen ohne Bewegungserſcheinung.

Die Netzhautepithelzellen der Salamandra haben auch dem Licht ausgeſetzt keinen feſten Zuſammenhang mit den Stäbchen und Zapfen, ſie löſen ſich eben ſo leicht von denſelben los, wie an der im Dunkeln gehaltenen Netzhaut. Die äußeren Glieder der Stäbchen ſind im Dunkeln ſchön purpurroth gefärbt, verlieren aber unter dem Einfluß des Lichts ihre Farbe.

Bei den Vögeln wirkt Licht und Dunkelheit nach den gleichen Geſetzen auf die Beſtandtheile der Netzhaut ein wie bei den Amphibien. Figur 32 ſtellt die Netzhaut einer mehrere Stunden im Dunkeln gehaltenen Columba livia dar. Der Farbſtoff hat ſich zurückgezogen. Der Zapfen (g o c) reicht bis zum oberen Drittel des Stäbchens, letzteres iſt langgeſtreckt und purpurroth. Nach Einwirkung von Licht iſt das Herabwandern der Farbſtoffkörnchen, der Zapfen und die Verkürzung der Stäbchen weniger ausgeſprochen (Fig. 33) als beim Froſch. Die Stäbchen ſind jetzt entfärbt. Der Geſtalt nach ſind die empfindenden Beſtandtheile der Vogelnetzhaut ſehr verſchieden von denen beim Froſch. Die Stäbchen haben ein äußerſt zartes, langgeſtrecktes, äußeres Glied (m e b, Fig. 32). Die Linſe (l b) der Stäbchen hat eine ſehr regel-

mäßige Eiform. Die Fetttröpfchen find oft wefentlich größer als die Linfe der Zapfen, einige find rubinroth gefärbt.

Bei den Netzhäuten von Schleichern, welche keine Stäbchen und keinen Netzhautpurpur haben, beobachtet man die Zufammenziehung der Zapfen auf Lichtreiz in ganz gleicher Weife (Fig. 12 von der Testudo marina), und die Farbftoffkörner rücken dabei weiter in den Epithelzellenfortfätzen vor (11). Hält man dem das Ausfehen der Netzhaut eines im Dunkeln gehaltenen Thieres entgegen (Fig. 9, 10), fo fieht man, daß die Geftaltveränderung, welche das Licht an diefen Gebilden hervorzurufen vermag, keine fehr bedeutende ift. Es fteht demnach die phyfiologifche Reaction der Reptiliennetzhaut der der Vogelnetzhaut näher als der bei den Amphibien. So kann man auch hier die nahe Verwandtfchaft der Reptilien und der Vögel erkennen.

Es fchließt alfo das Fehlen eines der drei Netzhautbeftandtheile nicht ein, daß die Reaction in den anderen beiden eine andere fei. Zieht man außerdem in Betracht, daß unter beftimmten Umftänden jeder der drei Beftandtheile eine ganz gefonderte Bewegung zeigen kann, daß z. B. das Halbdunkel am ftärkften auf die Wanderung der Farbftoffkörner Einfluß hat, oder daß das Kerzenlicht bei beftimmter Einwirkungsdauer nur erft die Zapfen allein in Bewegung fetzt, fo ergiebt fich, daß jeder einzelne der drei Beftandtheile eine ihm eigene Lebensthätigkeit äußert.

Bei den Säugethieren find diefe Unterfuchungen wegen der großen Zartheit der Netzhautbeftandtheile außerordentlich fchwierig. Immerhin läßt fich foviel erkennen, daß die drei befprochenen Beftandtheile fich dem allgemeinen Gefetze, nach dem das Licht bei den anderen Thieren fie beeinflußt, nicht entziehen. Figur 18 giebt die farbftoffhaltige Netzhautepithelzelle eines im Leben im Dunkeln gehaltenen Kaninchens wieder. Die Farbftoffkörnchen find im Körper der Zelle angehäuft, und ihre Fortfätze find ganz ohne folche. Figur 17 zeigt eine dem Licht ausgefetzt gewefene Netzhaut, und hier finden fich einzelne Körnchen aus

dem Zellkörper in die Zellfortſätze vorgedrungen. An einer von der Fläche geſehenen Netzhaut eines Albino-Kaninchens ſehen wir (Fig. 15) eine Reihe kleiner kreisrunder Scheiben im Protoplasma der Epithelzelle. Dieſelben entſprechen den Köpfen der Stäbchen, welche an den Zellfortſätzen (dem Licht ausgeſetzt) haften geblieben ſind. Abbildung 16 ſtammt von einer gleichen Netzhaut im Dunkeln; wegen des geringen Aneinanderhaftens der Beſtandtheile unter einander iſt hier kein einziges Stäbchen in den Zellfortſätzen ſtecken geblieben. *Van Genderen Stort* konnte beim Schwein und beim Menſchen eine Zuſammenziehung der Zapfen bei Lichteinwirkung wahrnehmen. Ferner ſteht feſt, daß der Netzhautpurpur bei Säugethieren und Menſchen im Licht aufgezehrt wird und in der Dunkelheit ſich wieder neu bildet. Die äußerſte Zartheit der Stäbchen läßt ein genaues Urtheil darüber, ob eine Zuſammenziehung ſtattfindet, kaum zu. Mir ſchien, daß ſie jedenfalls nicht ſo bedeutend und augenſcheinlich ſein kann wie bei den Amphibien. Ebenſo verhalten ſich auch die Bewegungen der Farbſtoffkörnchen und der Zapfen. Es nähert ſich demnach die Netzhaut beim Säugethier und Menſchen durch die geringe Beweglichkeit ihrer Beſtandtheile mehr derjenigen der Vögel und Reptilien als der der Amphibien; und es bildet der Größe der Bewegungserſcheinung nach die Netzhaut der Reptilien und Vögel das vermittelnde Glied zwiſchen der Säugethier- und Amphibiennetzhaut.

Jedes Licht des Spectrums übt auf die Beſtandtheile des Netzhautmosaiks ein beſonderes Maß der Wirkung aus. Die Größe der Einwirkung ſteigt im geraden Verhältniß zur Brechung des Strahls. In den Abbildungen 21 bis 25 ſind die einer Zuſammenziehung fähigen Beſtandtheile der Froſchnetzhaut in Seitenanſicht gezeichnet, wie ſie, der Reihe nach zehn Minuten hindurch dem rothen, grünen, gelben, blauen und violetten Spectrallichte ausgeſetzt geweſen, ſich darſtellen. Abbildung 21 bezeichnet die Wirkung des rothen Lichts, die Abbildungen 22 und 23 die des gelben und grünen, 24 und 25 die des violetten und blauen Lichtes auf die Netzhautgebilde. Die Epithelialzelle nimmt vom roth zum

grün, vom violett zum blau ftetig an Höhe ab, während gleichzeitig die Farbstoffkörnchen immer weiter gegen die limitans externa (m l e) vordringen. Die Zufammenziehung der Stäbchen nimmt im gleichen Maße mit der Weiterwanderung des Farbftoffs zu. Die Zapfen hingegen halten in allen diefen Abbildungen die gleiche Stellung ein.

Man kann die Wirkungen der Spectral-Farbenftrahlen auf die Netzhaut in zwei Gruppen fcheiden. Der erfteren gehört die Wirkung des rothen und gelben Lichtes an, der anderen die des grünen, violetten und blauen Lichts. Bei den beiden erftgenannten Farben ift die Wirkung auf die Stäbchen und die Epithelialzellen gering, bedeutender dagegen bei den anderen. Mir fchien es, daß die Netzhautbeftandtheilchen, blauem Lichte ausgefetzt, bei gleicher Zeitdauer der Einwirkung das höchfte Maß von Veränderung zeigten. Hingegen fchien mir der Sehpurpur bei eben diefer Dauer der Einwirkung (auch der ftärkft gebrochenen Lichtftrahlen) keine merkliche Beeinfluffüng aufzuweifen.

Eine Einwirkung der verfchiedenen Farben von zwanzig bis fünfundzwanzig Minuten, namentlich wenn ihr Licht fehr ftark ift, führt zu einem Hinabwandern der Farbftoffkörner bis zu der tiefften Grenze, welche fie je erreichen. Bei Beleuchtung durch Licht von längeren Wellen ift die Zahl der gewanderten Farbftoffkörnchen eine geringere, während bei Licht von kürzeren Wellen fich diefelben in der Nähe der limitans externa anhäufen. Sowohl bei diefer Dauer der Lichteinwirkung als bei einer längeren kann man ftets einen deutlichen Unterfchied im Maß der Zufammenziehung der Epithelzelle und des Stäbchens unterfcheiden, je nachdem die einwirkende Farbe mehr rechts oder mehr links auf dem Spectrum liegt. Die Zufammenziehung der Theilchen nimmt für die Farben im Spectrum von links nach rechts zu, und es fchien mir, als ob bei gleicher Einwirkungsdauer felbft violett ftärker wirke als blau, wenigftens in Bezug auf die Wanderung des Farbftoffs. Auch fcheint felbft bei noch fo langer Einwirkung niemals eine Ausgleichung der Wirkfamkeit der verfchiedenen

Spectralfarben einzutreten. Es fcheint außerdem unzweifelhaft, daß, welches auch die Zeitdauer der Lichteinwirkung fei, die Reaction der Netzhaut auf die verfchiedenen Lichtarten des Spectrums ftets eine verfchiedene ift.

Am fchnellften giebt fich die Wirkung einfarbiger Strahlen auf die Gebilde der Netzhaut an den Zapfen zu erkennen, welche fchon gut zufammengezogen find, wenn die Stäbchen und Epithelzellen noch kaum die Spur einer Veränderung zeigen. Selten gelang es mir, die Zapfen im erften Beginn ihrer Veränderung zu erfaffen, und zwar nur bei rothem Licht nach einer höchftens drei bis fünf Minuten dauernden Einwirkung. In diefem Fall find dann die Zapfen noch nicht zur völligen Zufammenziehung gelangt.

Da es bekannt war, daß die Wärme einen Einfluß auf die Netzhaut ausübt, war es von größter Bedeutung zu unterfuchen, ob die verfchiedenen Strahlen des Spectrums nicht wegen der fie begleitenden Wärmeftrahlen von verfchiedener Wellenlänge eben diefe Verfchiedenheit in ihrer Wirkung zeigen. Aber diefe Möglichkeit wurde dadurch fchon von vornherein unwahrfcheinlich, daß die brechenden Medien des Auges wenig diatherm find, und wurde vollends dadurch widerlegt, daß, wenn man die farbigen Strahlen zuerft noch durch eine athermane Löfung hindurchgehen ließ, die Wirkung auf die Beftandtheile der Netzhaut ganz die gleiche blieb; fie litt weder an Stärke, noch wurde die Zeit, die zu ihrem Zuftandekommen nothwendig ift, irgendwie beeinflußt.

Anfchauen farbiger Gegenftände übt auf die lichtempfindenden Netzhautbeftandtheile ganz diefelbe Wirkung aus wie die verfchiedenen Strahlen des Spectrums. Ich gehe bei folchen Verfuchen in folgender Weife vor. Der Frofch wird in's Dunkle gebracht, der Rücken mit einem fchwarzen Tuch bedeckt, dann wird ein Bündel Sonnenftrahlen mittelft eines Helioftaten auf den vor dem Thier aufgeftellten farbigen Gegenftand geworfen. Nach zehn Minuten zeigt die Netzhaut jene Veränderungen, wie fie in den Abbildungen 27, 28, 29, 30 und 31 in etwas fchematifirter Zeichnung wiedergegeben find. In Figur 27 (Einwirkung

rothen Lichts) ift die Zufammenziehung der Stäbchen und der Epithelzelle nur wenig ausgefprochen. Die Farbftoffkörnchen find in dicken Strängen bis über die Mitte der Stäbchen herabgedrungen, von wo aus einzelne Körnchen noch weiter bis in die Nähe der äußeren Grenzfchicht vorgerückt find. Bei einem Auge, welches in's Gelbe geftarrt hat (Fig. 28), ift der Farbftoff in Menge bis zum unteren Drittel der Stäbchen vorgedrungen. Der Körper der Epithelzelle ift niedriger und ärmer an Farbftoff. Abbildung 29 giebt die Netzhaut eines Frofches wieder, der in's Grüne gefchaut hatte, die Veränderung der Beftandtheile ift eine ftärkere, und fo in fortfteigender Reihe in 30 und 31. Figur 31 ftellt die Einwirkung eines hellen Violetts dar. Ein Stoff, deffen Farbe ganz dem Violett des Spectrums in Lichtftärke und Sättigung entfpricht, hat einen weniger ftarken Einfluß als die blaue Farbe. In den betreffenden fünf Abbildungen find die Zapfen nicht mit eingezeichnet, fie waren durchweg fo weit als möglich zufammengezogen.

Unterfucht man die Veränderungen der Netzhautbeftandtheile nach der Einwirkung von Licht, welches man durch farbige Gläfer (wie man fie im Handel bekommt) hat fallen laffen, fo findet man, daß diefelben nicht ganz den bisher aufgeftellten Gefetzen gefolgt find. In diefem Fall hat man es nämlich nicht mit reinem, einfarbigem Licht zu thun, und nothwendigerweife müffen darum fcheinbare Abweichungen von den aufgeftellten Gefetzen ftattfinden; fo ergab — bei den mir zur Hand gewefenen Gläfern — das Licht, welches durch Grün gegangen war, die ftärkfte Wirkung, blaues und gelbes die fchwächfte.

Weißes wie farbiges Licht wirken auch auf reflectorifchem Wege auf die Netzhaut ein. So ziehen fich auch im zweiten Auge die Stäbchen zufammen, wenn das eine allein weißem Licht ausgefetzt worden ift.

Das Gleiche gilt ebenfo für farbiges Licht, und zwar ift nicht nur überhaupt ein Einfluß auf dem nicht befchienenen Auge zu erkennen, fondern die Veränderungen find denen völlig gleich, welche

das betreffende farbige Licht ausgeübt haben würde, wenn es unmittelbar auf die Netzhaut gefallen wäre.

Aber die Veränderungen in der Mofaikfchicht der Netzhaut treten nicht nur bei Lichteinwirkung auf, fondern auch in allen anderen Fällen, wo ein Reiz irgend welcher Art die Netzhaut trifft, fei es unmittelbar wie beim Druck, der auf den Augapfel ausgeübt wird, wie ferner bei mangelnder Ernährung, Hitze, Strychnin; fei es mittelbar wie bei elektrifcher Erregung der Sehnerven, Schalleinwirkung, Berührung mit Metallen, mechanifchen Reizen, die den Körper des Thieres treffen.

An Augen, welche zwanzig Minuten lang einem auf diefelbe Stelle ausgeübten Druck ausgefetzt worden, zeigt die Netzhaut ein wahres Optogramm in dem Bereich, der unmittelbar vom Druckreiz getroffen wurde (Fig. 8). Die Farbftoffkörnchen find in wohl entwickelten Strängen bis faft zur äußeren Grenzfchicht herab vorgedrungen. Die Stäbchen find zufammengezogen. Die äußeren Körner find merklich in die Länge gezogen, die Räume, in welchen letztere liegen (c l), find erweitert. Hingegen haben fich die Zapfen nicht in dem Maße zufammengezogen, wie es den Veränderungen an den anderen Beftandtheilen entfprechen würde. Figur 7 zeigt ein Stück Netzhaut, welches an den eben befchriebenen Bereich grenzt. Mit Ausnahme einer leichten Zufammenziehung der Zapfen bietet fie das Bild einer Netzhaut im Dunkeln dar. Vergleicht man die Abbildungen 7 und 8 mit einander, fo bemerkt man, daß in 7 die Netzhaut im Ganzen weniger dick ift, hauptfächlich weil die Lymphräume, die zwifchen der äußeren Körnerfchicht und den Nervenzellen liegen, weniger weit find. Außerdem find in Fig. 8 die äußeren und inneren Körner rundlicher und liegen dichter beifammen. Der Unterfchied zwifchen diefen beiden Netzhäuten erinnert an die Veränderung im Dickendurchmeffer der Netzhaut, welche *Denissenko* an der dem Licht ausgefetzten Netzhaut befchrieben hat.

Was die Einwirkung der Temperatur anbetrifft, muß ich die Befunde von *Gradenigo* durchaus beftätigen Bei allen Fröfchen, mit

beginnender Wärmeſtarre der Muskeln, erleidet die Netzhaut gleiche Veränderungen wie bei Einwirkung weißen Lichts. Jedoch iſt hier das Zäpfchen das Gebilde, das am ſpäteſten eine Zuſammenziehung zeigt. Der Netzhautpurpur wird nicht in Mitleidenſchaft gezogen.

Ein lange Zeit im Dunkeln gehaltener Froſch wird, ohne an's Licht gebracht zu werden, fünf Minuten lang mit einem faradiſchen Strom (10 cm. Rollenabſtand am *Dubois-Reymond*'ſchen Schlitten) durchſtrömt; ſo zeigen ſeine Netzhautbeſtandtheile die gleichen Veränderungen, wie wenn ſie dem Licht ausgeſetzt worden waren, ſowohl in Bezug auf Zuſammenziehung der Epithelialzellen und der Stäbchen, als auf den Zuſammenhang der Farbſtofftheilchen unter einander und ihr Abwärtswandern, und auf die Verlängerung der äußeren Körner. Dagegen bleiben die Zapfen im Zuſtand der Dunkelheit unverändert oder verändern ſich nur wenig, und der Netzhautpurpur zeigt ſich ganz unbeeinflußt. Nach zehn Minuten elektriſcher Reizung von gleicher Stärke tritt außerdem, daß nun die Stäbchen das höchſte Maß der Verkürzung erreicht haben, auch noch eine ausgeſprochene Zuſammenziehung der Zapfen hinzu. Eine Beeinfluſſung der drei zuſammengehörigen Netzhautelemente zeigt ſich auch, wenn das Thier längere Zeit galvaniſch durchſtrömt worden iſt, oder wenn man es in einer Metallbüchſe gehalten hat, die nur zum Theil mit Waſſer gefüllt iſt, oder endlich, wenn es magnetiſchen, durch große Elektromagnete hervorgerufenen Strömen ausgeſetzt worden iſt.

Reizt man einen Froſch etwa eine halbe Stunde lang mit Nadelſtichen, Schlägen, Erſchütterungen, ſo zeigen darnach die Zapfen deutliche Zuſammenziehung, weniger die Stäbchen. Die Farbſtofftheilchen erſtrecken ſich in feinen Strängen nur längs des äußeren Glieds der Stäbchen herab.

Fröſche, die man lang im gleichen Waſſer hält, ſchwellen wegen Zerſetzung und Fäulniß desſelben auf und gehen zu Grund. Tödtet man ſie im Zuſtand ſchon hochgradigen Verfalls, ſo zeigt die Netzhaut beſtimmte auffallende Veränderungen, welche wohl auf die mangelhafte Ernährung derſelben zurückzuführen ſind.

Die Farbſtofftheilchen ſind maſſenhaft bis zur äußeren Grenzſchicht hin herabgeſtiegen, ſie ſind zerfallen und beſtehen aus großen, unregelmäßig geformten runden Körnern; Stäbchen und Zapfen zeigen ſich im Zuſtand halber Zuſammenziehung.

Geräuſche und Töne, die ſtark und lang einwirken, rufen auf dem Reflexweg Zuſammenziehung der lichtempfindenden Beſtandtheile der Netzhaut hervor (Fig. 20). Um dies nachzuweiſen, brachte ich Fröſche aus der Dunkelheit unter eine weite Blechglocke und ließ lange Zeit hindurch ununterbrochen darauf ſchlagen. Nach Verlauf einer Stunde hat ſich der Farbſtoff in feinen Strängen längs des ganzen äußeren Glieds des Stäbchens hinabgezogen; letzteres hat ſich ein wenig zuſammengezogen, während der Zapfen ſchon das höchſte Maß der Zuſammenziehung erreicht hat. Nach zweiſtündiger Schalleinwirkung ſind die Farbſtoffkörner ſchon in feinen Strängen bis nahe an die äußere Grenzſchicht hin gelangt.

Zweiter Abſchnitt.

Beurtheilung der Reactionen der Netzhaut und ihre Beziehung zum Sehakt.

An den in der Dunkelheit gehaltenen Netzhäuten ſind der äußerſt loſe Zuſammenhang der Theile und die beträchtliche Ausdehnung der einzelnen, einer Zuſammenziehung fähigen Beſtandtheile der Ausdruck vollſtändiger Ruhe. Die Lymphräume der äußeren Körnerſchicht ſind wenig geräumig; aber es umſtrömt viel mehr Flüſſigkeit als bei Beleuchtung die Stäbchen, die Zapfen und die Epithelialzellenfortſätze, indem dieſelbe jene Räume erfüllt, welche dadurch zwiſchen den Stäbchen frei werden, daß die Zapfen ſich bis hinauf zu den Körpern der farbſtoffhaltigen Epithelzellen ausſtrecken. Die Zunahme an Ernährungsflüſſigkeit und die Zunahme ihrer Berührungspunkte mit der Oberfläche der Netzhautbeſtandtheile iſt ſicher keine zufällige Erſcheinung, ſondern dient zur Wiederherſtellung ihrer vom Licht verbrauchten Gewebsbeſtandtheile. Die Neubildung des Netzhautpurpurs und die Zunahme der Färbungsſättigung des Luteïns in den Fetttröpfchen ſteht ſicher in Zuſammenhang mit der geſteigerten Nahrungszufuhr. Aber die

Ernährungsflüſſigkeit wirkt weniger unmittelbar als durch eine Erneuerung des Netzhautpurpurs, indem ſie die Lebenskräfte jener Theile (nämlich des Farbſtoffepithels) anregt, welche den Purpur erzeugen.

In der Netzhaut läuft zwiſchen den Theilchen eine geringere Menge Nährflüſſigkeit um, ſobald dieſelben in Thätigkeit treten; ſie bedürfen auch derſelben in dieſem Augenblick nicht, da in allen Körpertheilen, während ſie in Thätigkeit ſind, die Ernährung ſtille ſteht.

Wir haben geſehen, daß jeder der drei Netzhautbeſtandtheile auf den Lichtreiz mit einer ihm eigenen Thätigkeitsäußerung antwortet. Die Zuſammenziehung der Epithelialzelle iſt übrigens eine faſt ſelbſtverſtändliche Sache, da jede Epithelzelle der Oberhaut beim Froſch bei Lichteinwirkung ſich ebenſo zuſammenzieht. Unabhängig von den Zuſammenziehungen der Epithelzellen iſt die Verkürzung und Verbreiterung der Stäbchen, mit der man auch die Verkürzung der Zapfen nicht in Zuſammenhang bringen kann, da dieſe ſich auch in ſolchen Fällen zuſammenziehen können, wo man an Epithelzellen und Stäbchen nicht die geringſte Veränderung wahrnimmt, z. B. nach fünf Minuten anhaltender Einwirkung von Kerzenlicht. Oder es kann auch vorkommen, daß die Zapfen noch langgeſtreckt, während doch die Epithelzellen verkürzt und die Farbſtoffkörnchen herabgerückt ſind, ſo z. B. bei der mittelbaren Einwirkung eines Lichts, welches nur den Rücken des Froſches beſcheint.

Der Schwund des Purpurs iſt gänzlich unabhängig von den Bewegungen der drei Netzhautbeſtandtheile, ſelbſt von der ſtärkſten Verkürzung der Stäbchen. So enthalten die Stäbchen nach Einwirkung des elektriſchen Stroms oder der Wärme, trotzdem ſie das höchſte Maß der Verkürzung zeigen, nach wie vor noch unveränderten Sehpurpur. An den Netzhäuten lebender Fröſche, welche erſt dem Licht ausgeſetzt und dann in's Dunkle verbracht werden, beobachtet man ein auffallendes zeitliches Zuſammentreffen der ſtärkſten Zuſammenziehung der Netzhautbeſtandtheile, insbeſondere der Stäbchen und Epithelzellen, mit der Entfärbung

und der Neubildung des Sehpurpurs. Bei der Netzhaut von Fröſchen, auf welche man ein ſehr grelles Licht hat einwirken laſſen, ſind die Farbſtoffkörperchen wohl räumlich ſo weit als möglich herabgewandert, nicht aber der Maſſe nach. Nach fünf Minuten ſind die Stäbchen ſchon gut zuſammengezogen und es ſind noch Spuren des abgeblaßten Sehpurpurs vorhanden. Nach zehn bis fünfzehn Minuten iſt die Netzhaut ganz und gar entfärbt, während die Stäbchen und Epithelzellen das höchſte Maß der Zuſammenziehung erreicht haben. Eine längere Zeit nimmt dagegen die Wiederherstellung des Sehpurpurs in der Dunkelheit in Anſpruch. Erſt nach einer Stunde ſind die erſten Spuren bemerkbar, und erſt nach anderthalb bis zwei Stunden iſt er vollſtändig wieder erneut. Inzwiſchen ſind auch die Farbſtoffkörnchen bis zum oberen Drittel der Fortſätze zurückgegangen und die Stäbchen haben wieder ihr höchſtes Maß der Streckung erreicht. Dieſes Zuſammentreffen ſteht ſicher in Zuſammenhang mit der Ernährungsſteigerung, welche die Streckung der einer Zuſammenziehung fähigen Beſtandtheile der Netzhaut begleitet.

Nachdem es erwieſen iſt, daß die verſchiedenen Reize, welche auf den Körper eines Froſches einwirken, auch reflectoriſch die Beſtandtheile der Netzhaut reizen, iſt es ganz ſelbſtverſtändlich, daß das nur eine Netzhaut treffende Licht reflectoriſch auch die andere Netzhaut in Mitleidenſchaft zieht; denn iſt einmal ein ſolches Reflexcentrum vorhanden, ſo wird es ſeine Thätigkeit ſtets in dieſer Weiſe äußern, ſobald es nur von außen her in Erregung verſetzt wird, von welcher Seite auch der Reiz kommen mag.

Man muß annehmen, daß die Bewegungen der Netzhautbeſtandtheile, die auf Licht- und anderen Reiz erfolgen, im Stande ſind, einen Reiz auf das Centrum auszuüben; denn wo eine Reflexwirkung erfolgt, muß erſt ein von außen zum Centrum aufſteigender Reiz vorhanden ſein. Sodann muß man einen abſteigenden Reiz annehmen, welcher in dieſem Falle vom Centrum aus auf die Netzhautbeſtandtheile ausgeübt wird.

Jede verſchiedene Farbe, die die Netzhaut trifft, giebt uns ein eigenes Bild der Veränderung in den Netzhauttheilen, dies läßt

darauf ſchließen, daß jede der verſchiedenen Veränderungen auch einem eigenen Reiz entſpricht. Dieſe Annahme wird dadurch noch unterſtützt, daß die Reflexbewegung im zweiten Auge ganz genau in allen Einzelheiten die Bewegung des Auges wiedergiebt, von dem der Reiz zum Centrum ausgegangen iſt. Es unterſcheidet alſo das Centrum auch die geringſten Abweichungen und Feinheiten in dem vom Auge ihm zukommenden Reiz. Es ſcheint mir unzweifelhaft zu ſein, daß der Ort, wo der Reiz in der Netzhaut ſeinen Urſprung nimmt, in den contractilen Beſtandtheilen derſelben zu ſuchen iſt, und daß ein ſolcher Anſtoß nur von den dieſen Theilen eigenen Bewegungen ausgehen kann. Die in den Netzhautbeſtandtheilen vor ſich gehende, reflectoriſch wachgerufene Thätigkeit zeigt uns deutlich, in welcher Art die Netzhaut auf den Reiz antwortet. Nun finden wir den gleichen Zuſtand der Veränderung, gleichviel ob der Reiz (Licht, Farben) die Netzhaut unmittelbar getroffen hat, oder nur auf reflectoriſchem Wege eingewirkt hat. Auf Grund deſſen, was wir über den Mechanismus des Entſtehens einer Reflexbewegung wiſſen, geht ferner hervor, daß, wenn das Centrum einen Reiz auf das Endgebilde ausübt und hier eine gewiſſe Bewegungserſcheinung zur Folge hat, eben dieſe Bewegung ihrerſeits wieder, wenn ſie durch irgend einen anderen Reiz hervorgerufen worden iſt, im Stande ſein muß das Centrum in Erregung zu verſetzen.

Man wird darum nicht irre gehen, wenn man annimmt, daß, wenn Licht und Farben eine Veränderung der Netzhautbeſtandtheile hervorrufen, das Centrum ſeinerſeits von dieſer Erregung der Endgebilde benachrichtigt wird. Hiermit ſteht das Lebensgeſetz in Einklang, daß jede Reizung eines ſpecifiſchen Nerven und eines empfindenden Endgebildes die dieſen Gebilden eigene Empfindung wach ruft.

Wagner, *Valentin* und *von Vintſchgau* haben beobachtet, daß je nach den beſtimmten Bezirken der Zunge, die man durch Druck reizt, auch beſtimmte Geſchmacksempfindungen (ſauer, bitter, ſalzig) wachgerufen werden. *Ritter* beobachtete das Auftreten ammonia-

kalifchen Geruchs bei Reizung mittelft des negativen Pols innerhalb der Nafe, eines fauren Geruchs bei dem pofitiven Pol. *Duchenne* erhielt metallifchen Gefchmack und allerhand Gehörsempfindungen, wenn er eine Elektrode in den Nacken fetzte, die andere auf den äußeren Gehörgang, *Volta* vielerlei pfeifende und lärmende Geräufche beim Auffetzen je einer Elektrode auf beide äußere Gehörgänge.

Helmholtz fand, daß für die Lichterfcheinung bei elektrifcher Reizung beim abfteigenden Strom die Oeffnung ftärker wirkt, beim auffteigenden die Schließung. Bei letzterem Fall ift die entoptifche Erfcheinung eine dunkle Scheibe auf weißviolettem Grund, bei jenem eine hellblaue Scheibe auf dunkelrothem Grund.

Unmittelbarer und in höherem Maße als alles dies ift es die Reaction der Netzhautbeftandtheile auf weißes Licht (weniger die auf farbige Spectralftrahlen), welche dafür fpricht, daß den befchriebenen Veränderungen der Netzhautbeftandtheile eine Bedeutung für das Sehen zuzufchreiben ift. Nehmen wir an, das weiße Licht werde vom Centrum als folches empfunden, in Folge eines Reizes, welcher durch eine beftimmte Bewegung der Netzhauttheilchen ausgeübt wird. Soll nun die Lichtempfindung auch von anderen Reizen hervorgerufen werden können, fo müffen diefe auch in ganz gleicher Weife auf die Netzhauttheilchen zu wirken im Stand fein wie eben das Licht.

In Wirklichkeit trifft dies ganz zu. In allen jenen Fällen, in welchen wir Phosphene auftreten fehen, fei es nun auf Druck, durch elektrifche Reizung oder auf andere Weife, ift die Veränderung, die an den Netzhauttheilchen vor fich geht, genau die gleiche wie bei unmittelbarer Lichteinwirkung. Die Verfuche von *Helmholtz* ergaben, daß es verfchiedener Abänderungen des auf das periphere Sehorgan einwirkenden elektrifchen Reizes bedarf, um verfchiedene Farbenerfcheinungen in den Phosphenen zu erhalten. Dies ftimmt damit vollkommen überein, daß die Netzhaut bei jeder Farbe eine andere Veränderung zeigt.

Die Farbenerfcheinungen bei Reizung des Gehörs find viel zu wenig genau bekannt, um hier mit als Beweis angeführt zu

werden. Ziehen wir jedoch in Betracht, daß Reizung des Gehörs beim Frofch das Reflexcentrum der Netzhaut erregt, fo können wir uns immerhin ein Bild davon machen, daß beim Menfchen auf verfchiedene Erregungen des Gehörs auch für jede derfelben eine andere Farbe zur Empfindung gelangen kann. Erklären wir uns den Mechanismus des Auftretens von Farbenerfcheinungen bei Reizung des Gehörs in diefer Weife, fo haben wir diefe Erfcheinung zu den fogenannten fympathifchen Reizungen zu zählen. Bei diefen müffen wir annehmen, daß ein dem Centrum durch einen Empfindungsnerven zugeführter Reiz auf einen anderen Empfindungsnerven übergeht. Hierher gehört der Nießreiz, den viele Leute beim Anfchauen heller Flächen empfinden; hierher ferner das Fröfteln längs des Rückens beim Hören fchriller Laute.

Es wäre hier zu erwähnen, daß einige chemifche Stoffe, z. B. das Naphthalin und das Strychnin, in ganz gleicher Weife auf die Netzhauttheilchen einwirken wie Licht und Elektricität; wahrfcheinlich auch das Nicotin, da bei Vergiftungen mit demfelben fubjective Lichterfcheinungen auftreten.

Das Rothfehen könnte auch als ein ungewöhnlicher Zuftand der contractilen Netzhauttheilchen anzufehen fein. Die eine folche fubjective Empfindung des Rothen bedingenden Umftände find ganz der Art, um es wahrfcheinlich zu machen, daß diefe Empfindung von den Endwerkzeugen her angeregt wird. Es tritt bei gewiffen Lichtverhältniffen auf; bei der Entzündung der Sehnervenpapille (*Szili*); es ift eine ganz gewöhnliche Ermüdungs- und Blendungserfcheinung an Augen, welche wegen des Staars operirt worden (*Purtfcher*), und begleitet die Krampfzuftände des Accomodationsapparats.

Nachdem wir alfo den Beftandtheilchen der neuroepithelialen Netzhautfchicht die Bedeutung haben zuerkennen müffen, daß der Sehakt ihrer fpecififchen Thätigkeit unterworfen ift, und nachdem wir gefunden, daß diefe Thätigkeit in den Veränderungen zu fuchen ift, welche diefe Theilchen durch farbiges und weißes Licht erleiden, fo müffen wir nun näher auf den Mechanismus der Thätigkeit diefer Theilchen eingehen.

Boll hat in feiner letzten Arbeit einen Kampf gegen *W. Müller* aufgenommen, welcher dem äußeren, cuticularen Glied des Stäbchens jegliche Theilnahme an der Sehthätigkeit abgefprochen hatte. *Müller* erkannte dem Protoplasma des inneren Glieds des Stäbchens die wefentliche Bedeutung zu und nannte dasfelbe geradezu «die Sehzelle». Er fagte: «Die Zweigliederung der Sehzelle ift von vorn herein fehr einleuchtend; das eine Glied ift beftimmt, die Lichtwellen in Reiz umzufetzen, das andere, die Empfindung fortzupflanzen».

Müller fucht die erftere Thätigkeit in jenem Theil des inneren Glieds, welcher das cuticulare Glied vom myoïden Theil trennt; es ift dies das Ellipfoid; er hält diefes für einen Theil umgewandelten Protoplasmas des myoïden Glieds. *Boll* hält dem gegenüber im Gegentheil aufrecht, daß der ausfchließliche Sitz der Lichtempfindung im äußeren Glied des Stäbchens zu fuchen fei. Er ftützt fich dabei hauptfächlich auf das Vorhandenfein des Sehpurpurs.

Boll griff die *Müller*'fche Lehre lebhaft an; er fagte mit den Worten von *Schultze*: er achte das Protoplasma nur wie einen conftitutionellen Fürften, der regiert, aber nicht herrfcht. In der That hat nun das eingehendere Erforfchen der Lebensvorgänge zur Ueberzeugung geführt, daß bei den höheren lebenden Wefen die fpecififchen Lebenseigenfchaften und Thätigkeiten (Contractilität, Secretion, Lichtempfindung) im Allgemeinen nicht an das Protoplasma gebunden find, fondern an befondere eigens geftaltete Gebilde, welche vom Protoplasma abftammen, fich aber durch ihre ftets fehr ausgeprägte befondere Geftaltung und ihre Lebenseigenfchaften vor demfelben auszeichnen.

Ich kann mich der *Müller*'fchen Anficht nicht anfchließen, weil er zwei Umftände nicht kannte, die phyfikalifche und chemifche Reaction der Epithelzelle, des äußeren Glieds des Stäbchens und des Zapfens, fowie die Zufammenziehung des myoïden Theils der Zapfen und Stäbchen. Erftere erlauben mir nicht, die Epithelzelle, den Zapfen, den cuticularen Theil des Stäbchens von der Beeinfluffung durch Licht auszufchließen, letztere fpricht gar zu

klar für eine Thätigkeit, welche höher ſteht als eine bloße Fortpflanzung der Erregung. Ich halte vielmehr dafür, daß auch das myoïde Glied an der Umſetzung des Reizes der Lichtwelle in Erregung und Empfindung betheiligt iſt.

Es iſt ſchwer zu unterſcheiden, ob bei den in der Neuroepithelialſchicht auf Reizung ſtattfindenden Veränderungen einem jeden der drei Beſtandtheile eine verſchiedene Aufgabe zukommt, und ebenſo, ob beide Glieder, aus denen Zapfen wie Stäbchen gebildet ſind (d. h. das myoïde und das cuticulare), dieſelbe Aufgabe haben.

Die Epithelialzelle iſt, wenn ſie auch nicht unmittelbar ſondern nur mittelbar mit den Faſern des Sehnerven in Zuſammenhang ſteht, ein zur Wiedererzeugung des Netzhautpurpurs unentbehrlicher Beſtandtheil. Durch ſie bildet die Neuroepithelialſchicht ein zuſammenhängendes Ganze, indem zwiſchen den Körpern dieſer Zellen keine freien Räume ſind, während Zapfen und Stäbchen nicht dicht an einander ſtoßen. Für die Unentbehrlichkeit der Epithelialzellen für den Sehvorgang ſpricht die Stellung der Zapfen und Stäbchen, welche gegen jene Zellen gerichtet ſind, und zwar auf der vom auffallenden Lichtſtrahl abgewandten Seite. Die Epithelialzelle verkürzt ſich im Licht, und ein guter Theil ihres farbſtoffhaltigen Körpers ſtreckt ſich dabei bis gegen die äußere Grenzſchicht hinab. Dieſes iſt wohl einerſeits als ein phyſiologiſcher Schutzvorgang zu denken, der eine übergroße Gewalt des Lichts ausgleichen ſoll, und ſpricht andererſeits dafür, daß die Epithelzelle auch ihren Theil zu dem Lebensvorgang beiträgt, der aus der ſpecifiſchen Thätigkeit der übrigen Beſtandtheile der neuroepithelialen Schicht entſpringt, nämlich dem Vorgang des Sehens. Wenn auch das zeitliche Zuſammenfallen der Reaction der Epithelzelle mit der der Stäbchen zur Beſtätigung davon beiträgt, daß dieſe beiden Beſtandtheile das gleiche Maß der Empfindlichkeit für das Licht haben, während die Zapfen viel empfindlicher ſind, ſo iſt es doch nicht wahrſcheinlich, daß jedem der drei Beſtandtheile eine eigene und verſchiedene Lebensaufgabe zufalle.

Sicherlich werden wir, wenn die Sehfähigkeit und Sehschärfe in jenem Bestandtheil die größte ist, welcher am raschesten sich durch's Licht verändert, diese bevorzugte Stellung dem Zapfen zuschreiben müssen, der diese Eigenschaften im höchsten Maße zeigt; dies schließt aber darum noch nicht aus, daß auch die anderen beiden Bestandtheile an der Hervorrufung des peripheren Anstoßes zur Sehempfindung mitwirken, welcher ohne Zweifel das Ergebniß jener Veränderungen ist, die diese drei Bestandtheile an sich erkennen lassen.

Es ist schwer festzustellen, ob beide Abtheilungen des Stäbchens und des Zapfens in gleicher Weise vom Licht erregt werden. Doch ist es immerhin wahrscheinlich, daß die cuticularen Theile die bei weitem lichtempfindlicheren sind, wenn man die für dieselben aufgestellten Gesetze von *Boll* und *Schultze* beachtet, und wenn man in Betracht zieht, daß sie durchaus keinen Sinn hätten, wenn ihnen nicht obläge, die Erregung, die im Theilchen vom Lichte wachgerufen wird, zu verstärken. Die Zusammenziehung der nervösen Abschnitte wäre dann erst eine Folgeerscheinung, abhängig vom Anstoß, welcher ihnen von jenen gegeben würde. Die fast augenblicklich erfolgende Zusammenziehung des myoïden Theils des Zapfens spricht hierfür. Weiterhin ist die Zusammenziehung des myoïden Theils ein nothwendiges Zwischenglied in dem Mechanismus der Reaction, denn ohne sie könnte Reflexerregung nicht bis auf die cuticularen Glieder und die Epithelzelle fortgepflanzt werden, und es fehlte uns ferner ein Glied im Zusammenhang jener Vorgänge, die zu den Phosphenen und den objectiven Lichtempfindungen führen.

Nachdem wir nun so die Art der Einwirkung von Licht und Farben auf die neuroepitheliale Zellenschicht ausführlich besprochen haben, müssen wir sehen, in wie weit sich durch sie einige Sehempfindungen deuten lassen, denn es ist doch die Hauptaufgabe jeder Untersuchung auf dem Gebiet der Lebenserscheinungen der Netzhaut die Ergebnisse derselben zur Deutung der Sehempfindungen zu verwerthen. Jede Theorie des Sehens wird aber, soviel That-

ſachen auch für ihre Richtigkeit ſprechen mögen, nur auf Vermuthungen aufgebaut ſein können, denn es hieße zu viel hoffen, wenn man erwartete, in greifbarer Weiſe die mannigfachen Vorgänge und Erſcheinungen des Sehens darſtellen zu können, namentlich die Erſcheinungen des ſimultanen und ſucceſſiven Contraſts. Auch dann bleibt die Zuhülfenahme von Vermuthungen nicht ganz erſpart, wenn man ſich die Seherſcheinungen aus den ſpecifiſchen Energien der neuroepithelialen Netzhautſchicht zu erklären ſucht, doch hat man hier den Vortheil, daß die Erklärung von einer feſtſtehenden, leicht ſichtbar zu machenden Thatſache ausgeht.

Die Hauptgrundlagen, auf denen ſich die Theorien *Young*'s und *Hering*'s aufbauen, ſind auch nur Vermuthungen. Im Widerſpruch zu *Young*'s Theorie hat die ganze neuere Phyſiologie ſeit *Schultze* die Netzhautthätigkeit nicht in die Nervenfaſern, ſondern in die neuroepitheliale Zellenſchicht verlegt, und die neueren Entdeckungen haben auch immer gewichtigere Gründe für dieſe Anſchauungsweiſe beigebracht.

Als der Netzhautpurpur entdeckt war, d. h. ein Stoff, der ſich auf Lichtreiz verändert und nicht in den Faſern der Sehnerven enthalten iſt, mit dem ſich alſo die Anſchauung *Young*'s nicht mehr in Einklang bringen ließ, wollten Einige in dieſem den «Sehſtoff» erkennen, auf deſſen Annahme die *Hering*'ſche Theorie ſich aufbaut (*Landolt*, *Wecker*). Ich kann ihnen nicht beiſtimmen, denn der Sehpurpur bildet ſich nicht neu bei Schwarz, Grün und Blau, und zerſetzt ſich nicht bei Weiß, Roth und Gelb; ſondern bei Schwarz, d. h. im Dunkeln neu gebildet, ſchwindet er raſch bei grünem und blauem Licht. Ferner widerſteht er lange dem rothen und gelben und verblaßt raſch bei weißem Licht; er iſt in den Zapfen nicht enthalten. Das Gleiche wie gegen die *Young*'ſche läßt ſich auch gegen die *Hering*'ſche Anſchauung vorbringen, in ſo weit ſie ſich auf die Annahme dreier verſchiedener chemiſcher Stoffe aufbaut. Die Folgerungen aus einer ſolchen zu engen Begrenzung der Eigenheit der Empfindung mußten bald gezogen werden und mußten

zur Widerlegung dieſer Anſchauung führen. Mit der *Young*'ſchen Anſchauung läßt ſich das in einigen Fällen vorkommende Erhaltenſein der Empfindung des weißen Lichts bei Violettblindheit nicht in Einklang bringen, mit der *Hering*'ſchen nicht das Erhaltenbleiben der Empfindlichkeit für Roth und Blau bei Violettblindheit.

Eine Theorie des Sehens, die ſich auf den Veränderungserſcheinungen in den Beſtandtheilchen der neuroepithelialen Schicht aufbaut, entgeht dieſen Widerſprüchen der beiden anderen Theorien; bei ihr antwortet das Theilchen ohne ſolche Einſchränkungen auf jeden Licht- und Farbenreiz mit einer beſonderen Veränderung.

Daß wir nach ſtarker Lichteinwirkung in einen dunkeln Raum tretend im erſten Augenblick nichts ſehen, wäre nach der *Hering*ſchen Anſchauung ſo zu erklären, daß nur eine ſchwache Zerſetzung (Diſſimilation) ſtattfindet, dagegen eine ſehr ſtarke Erſetzung (Aſſimilation) des Sehſtoffs, wodurch Dunkelheit entſteht. Nach einer gewiſſen Zeit fangen wir dann an, etwas heller zu ſehen, denn jetzt iſt ſoviel Sehſtoff gebildet, daß die Zerſetzung ſo ſehr begünſtigt wird, daß ſogar die kleinen inneren Reize, die im Auge niemals fehlen, zu einer inneren (ſubjectiven) Lichtempfindung Anſtoß geben. Einfacher iſt die Erklärung dieſer Erſcheinung nach *Young*, daß nämlich die erſchütterte Faſer nach dem heftigen Reiz nicht ſo ſchnell zur Ruhe kommt, um im Stand zu ſein, auch ſo ganz kleine Reize noch zu empfinden. Die *Young*'ſche Anſchauung giebt zu, daß in der Dunkelheit ein Aufhören der Empfindung, d. h. vollſtändige Ruhe eintritt, und vermeidet ſo den Widerſpruch mit der Erſcheinung, daß nach heftigem Lichteindruck bei Uebergang in Dunkelheit das Sehen länger ausbleibt als bei Uebergang vom Dunkeln in's Helle, wofür die *Hering*'ſche Theorie uns die Deutung ſchuldig bleibt.

Die wahrſcheinliche Erklärung dieſer Erſcheinung liegt wohl in der Wanderung der Farbſtoffkörnchen längs der Stäbchen und Zapfen. Man muß hier im Auge behalten, daß die Fähigkeit, ſich zuſammenzuziehen, und die Lichtempfindung nicht an das Protoplasma, ſondern an beſondere anatomiſche Theilchen gebunden

ſind, die zwar vom Protoplasma ſtammen, ſich aber durch beſondere Geſtaltung und Lebenseigenſchaften von demſelben weſentlich unterſcheiden, daß ſomit die größere Empfindlichkeit für den Lichtreiz in dem cuticularen Glied und in der Linſe des Stäbchens und Zapfens liegt, nicht in dem myoïden Theil.

Treten wir nach langem Aufenthalt im Dunkeln in's Helle, ſo ſind wir im erſten Augenblick vollkommen geblendet, erſt allmälig beginnen wir zu unterſcheiden; es findet eine Gewöhnung an den Reiz ſtatt. Dies ſpricht dafür, daß etwas vorhanden iſt, das der empfindenden Netzhautſchicht eine Anpaſſung an das Licht ermöglicht. Wahrſcheinlich ſind dies die Farbſtoffkörnchen, aber nicht die feſt in dem Zellenleib der Epithelzelle haftenden, ſondern die, welche eine Wanderung hin und wieder in der Schicht der Stäbchen zeigen. Dieſe Körnchen nehmen die Uebermenge des Lichts, welche die empfindenden Theilchen der Netzhaut angreift, in ſich auf.

Die Verengerung der Pupille genügt nicht, das Aufhören der Blendung zu erklären, denn die Blendung hält vier- bis fünfmal länger an als der Zeitraum, in dem ſich dieſe Zuſammenziehung vollzieht. Wäre es der feſte Farbſtoff allein, der die Blendung aufhöbe, ſo müßte ſie ebenfalls ſchwinden, ſobald die Iris ſich verengt hat. Es ſtimmt hingegen die Zeit, welche zwiſchen vollendeter Verengerung der Pupille und der Anpaſſung an das Licht verſtreicht, genau mit der für die Wanderung der Farbſtoffkörnchen erforderlichen Zeit überein. Die vom Lichtreiz hervorgerufenen Bewegungen der drei lichtempfindenden Netzhautbeſtandtheilchen haben ſchon ſtattgefunden, und wir empfinden das Licht darum ſchon, können aber nicht deutlich unterſcheiden, bis die empfindenden Theile vor der Uebergewalt der Lichteinwirkung geſchützt ſind.

Im erſten Augenblicke des Uebergangs aus großer Helligkeit in einen dunkeln Raum erſcheint uns dieſer vollſtändig ſchwarz. Die Pupille iſt ſchon erweitert, und doch dauert es mehrere Secunden, ja bei ſehr tiefer Dunkelheit bis zu ein und zwei Minuten,

ehe man anfängt, die Umgebung ein wenig zu erkennen und zu unterſcheiden, und bis man dann bei längerem Aufenthalt auch die ſchwächſte Abſtufung der Dunkelheit im Raume wahrnimmt. Ich glaube, es iſt keine zu gewagte Annahme, es auf die längere Zeit, welche das Aufſteigen der Farbſtoffkörnchen gegenüber dem Hinabſteigen braucht, zurückzuführen, wenn es längere Zeit erfordert, ſich an die Dunkelheit zu gewöhnen als an die Helligkeit. Kommt man in einen nur ganz ſchwach erleuchteten Raum, ſo genügt das wenige Licht nicht, das veränderte contractile Netzhautbeſtandtheilchen in Erregung zu verſetzen, denn die Lichtſtrahlen werden mit Macht von den Farbſtoffkörnchen, welche kaum den unteren Theil des eiförmigen Körpers am Zapfen freilaſſen und das Protoplasma des äußeren Glieds des Stäbchens verhüllen, aufgeſogen. Erſt wenn die Farbſtoffkörnchen zurückgewandert ſind und die Lichtſtrahlen nicht mehr von den lichtempfindlichen Theilchen abhalten, werden dieſe durch das ſchwache Licht in Erregung verſetzt werden können und die Dämmerung empfinden.

Anſtatt in dem Auf- und Abwandern des Farbſtoffs ein Anpaſſungsmittel an das Licht zu erkennen, kann man vielleicht den Einwurf machen, daß die Empfindung der Blendung mit einem Zuſtand der Netzhauttheilchen zuſammenfällt, welcher zwiſchen dem der Dunkelheit und dem des Lichts die Mitte hält, d. h. mit jenem Zuſtand, der dem Halbdunkel entſpricht. Dieſer Zuſtand iſt jedoch ein normaler, denn im Halbdunkel ſehen wir ganz gut. Die Blendung hingegen iſt eine Erſcheinung übergroßer Reizung, was ſchon daraus hervorgeht, daß ſie eine Begleiterſcheinung krankhafter Veränderungen der Netzhaut zu ſein pflegt. Ferner nimmt die Blendung mit der Stärke des Lichts zu und ſteht ſo im Verhältniß zur Zunahme der Erregbarkeit der Netzhautbeſtandtheile.

Daß es längere Zeit dauert, bis wir nach vorhergegangener ſtarker Lichteinwirkung im Halbdunkel die Umgebung zu unterſcheiden vermögen, könnte damit in Zuſammenhang gebracht werden, daß das lichtempfindende Netzhaut-Gebilde mehr Zeit

braucht, fich fo weit auszuftrecken, bis es den zwifchen Licht und Dunkel die Mitte haltenden Zuftand erreicht hat, als es Zeit bedarf, um fich zufammenzuziehen. Doch müßte man hierzu annehmen, daß man den Eindruck von Licht oder Farbe dann hat, wenn die Netzhautgebilde die für das gegebene Agens ftärkfte Einwirkung zeigen, daß alfo dann die Empfindung der Dunkelheit entftehen würde, wenn die Gebilde der neuroepithelialen Netzhautfchicht fich am ftärkften geftreckt haben.

Ich bin dagegen der Anficht, daß, wenn auch nicht bei den leifeften Anfängen der Bewegung, fo doch bei halb ftattgefundener Reaction die Empfindung wahrgenommen wird. Die Empfindung von Licht und Farbe wird durch eine Bewegung hervorgerufen; die Empfindung des Dunkeln durch Aufhebung der Bewegung, durch Erfchlaffung des contractilen Gebildes. Die Bewegungserfcheinung ftarker Streckung in den Gebilden der neuroepithelialen Schicht hat für das Sehen keine unmittelbare Bedeutung, fie dient der Ernährung derfelben.

Will man die Thätigkeit der Netzhaut mit der der anderen empfindenden Gebilde vergleichen, fo mag man, wie jene nach einer überftarken Erregung des Ausruhens bedürfen, ehe fie wieder im Stand find, kleine Reize zu empfinden, auch für die Netzhaut neben der Wanderung der Farbftoffkörnchen diefen Umftand mit als Grund gelten laffen, warum wir im Halbdunkel nicht fogleich fcharf zu unterfcheiden vermögen.

Die Feinheit der Unterfcheidung des Halbdunkels verdanken wir, wie ich glaube, hauptfächlich diefer Wanderung der Farbftoffkörnchen, denn diefe Zwifchenfchicht dämpft zu ftarkes Licht, hindert aber nicht die Empfindung auch ganz fchwachen Lichtreizes, indem fie fich eben zurückzieht, und fo ift durch fie gleichfam eine Einübung der empfindenden Schicht auf alle Abftufungen der Lichtftärke gegeben. Dank diefem Schutzmittel kann fich die lichtempfindende Schicht auch an ftarke Reize gewöhnen, ohne die Empfindlichkeit für fchwache Reize und feine Abftufungen derfelben zu verlieren.

Diese Anschauung würde vollkommen mit meinen Beobachtungen an zwei Albino's übereinstimmen. Bei diesen fand ich Sehschärfe und Farbenempfindung ganz normal. Setzte ich aber ein ganz schwaches Rauchglas vor ihr Auge, welches mein Auge beim Sehen gar nicht störte, so sank bei jenen die Sehschärfe um $^{5}/_{10}$. Die Zeit, die bei ihnen zum Deutlichsehen erforderlich war, wenn sie aus dem Hellen in das Halbdunkel gebracht wurden, war viel beträchtlicher als bei mir. Diese Stumpfheit des Netzhautgebildes spricht für die Richtigkeit des zweiten Grundes, den wir zur Erklärung aufgeführt haben, warum eine gewisse Zeit erforderlich sei, bis man sich an die Dunkelheit gewöhnt. Es ist dadurch jedoch der Einfluß des Farbstoffs nicht ausgeschlossen, denn das Sehgebilde der Albino's giebt eben nicht das Bild des fehlerlosen Zustands.

Eine weitere Bestätigung der oben ausgesprochenen Gedanken findet man in der Art, wie die Wanderung des Farbstoffs bei den niederen Wirbelthieren vor sich geht. Bei den Amphibien und Fischen ist dieselbe viel deutlicher ausgesprochen als bei den Reptilien und Vögeln. Es hängt dies mit der Verschiedenheit ihrer Lebensweise zusammen; erstere leben gewöhnlich in mäßig heller Umgebung, kommen aber auch in volle Helligkeit, letztere aber gedeihen nicht in der Dunkelheit. Eine Ausnahme machen allerdings die Nachtvögel, aber bei ihnen zeigt sich auch eine lebhaftere Beweglichkeit des Farbstoffs.

Führt man alle Erscheinungen des Sehens auf die beschriebenen Veränderungen in der Netzhaut zurück, so kann man auch ohne Schwierigkeit die Erklärung jener Lichtempfindungen geben, welche, ohne daß Lichtwellen die Netzhaut reizen, zur Entstehung kommen: die Photopsien und Phosphene.

Diese Erscheinung subjectiver Lichtempfindung wird von *Helmholtz* und *Hering* als Eigenlicht der Netzhaut gedeutet. Der letztere betrachtet sie als ein Ergebniß kleiner subjectiver Erregungen, indem ein Ueberschuß assimilirbaren Stoffs die Dissimilirbarkeit erhöhe, so daß wir nie zur Empfindung völliger Dunkelheit kom-

men können, denn mit der Bildung des Aſſimilationsſtoffes ſteige in gleichem Maße die Leichtigkeit der Zerſetzung.

Das Eigenlicht der Netzhaut wurde auch auf Fluoreſcenz des Auges zurückgeführt, d. h. auf eine Fähigkeit der lichtbrechenden Schichten des Auges, das Licht, welches ſie durchdrungen hat, einige Zeit in ſich gebunden zu halten. Aus der Fluoreſcenz geht eine Phosphoreſcenz hervor, wenn die betreffenden Körper durch Entwicklung chemiſcher Vorgänge ein gleichmäßiges Licht nach allen Seiten ausſchicken. In der Netzhaut kennt man aber keine Phosphoreſcenzerſcheinungen; *Monoyer*[1]) meint jedoch, eine lang andauernde Fluoreſcenz könne zu einem gewiſſen Grad von Phosphoreſcenz führen und ſo würden die Erſcheinungen an poſitivem und negativem Nachbild durch die Fluoreſcenz des Auges zu erklären ſein.

Helmholtz ſagt, das dunkle Geſichtsfeld ſei nicht ſo lichtlos, wie es ſcheine. Das Auge beſitze in ſeinem Eigenlicht eine Lichtquelle, die völlig unabhängig von jedem Lichteinfluß von außen ſei. Es beſtehe für die Netzhaut ein ſchwacher innerer Reiz, der das Lichtchaos hervorrufe. Das negative Lichtbild zeigt ſich auch, wenn nicht ein Lichtſtrahl von außen einzudringen vermag.

Goethe beſchrieb eine endoptiſche Erſcheinung beweglicher Nebelſtreifen, die nur durch das Eigenlicht zu erklären waren. Es ſind breite, mehr oder weniger geſchwungene Nebelſtreifen, die durch weniger dunkle Zwiſchenräume von einander getrennt ſind. Sie rücken in Geſtalt um einen Mittelpunkt geordneter Kreislinien gegen die Mitte des Geſichtsfelds vor, um dort zu verſchwinden. Ihre Bewegung iſt ſo langſam, daß nach *Purkinje* jeder Streifen acht Secunden braucht, den ganzen Weg zu durchlaufen. *Helmholtz* fügt hinzu, es ſeien zwei Ordnungen kreisförmiger Wellenlinien, die langſam gegen die Mitte hinziehen. Die Mitte dieſes Bildes entſpreche der Stelle des Sehnerveneintritts. *Giraud de Toulon* giebt an, die Erſcheinung ſei keine dauernd vorhandene, ſondern trete in Verbindung mit Zeichen von Gefäßſtörungen auf

[1]) *Monoyer*, Bulletin de la société des sciences naturelles. Straßbourg, 1868.

(fchwerer, benommener Kopf, plötzliches Auffchrecken aus dem Schlaf u. f. w.). Er hat auch das Auftreten von Spuren von Farbenempfindung dabei beobachtet (roth, violett).

Helmholtz hat diefe von *Goethe* befchriebene Erfcheinung wohl als ein Ergebniß der der Netzhaut eigenen Thätigkeit erklärt, weiß aber nicht zu fagen, welcher Art diefe Thätigkeit ift. Er faßt viele Lichterfcheinungen als vom Eigenlicht der Netzhaut abhängig zufammen: fo die inneren Lichterfcheinungen bei Druck auf den Augapfel, bei der Accomodation u. f. w. Wenn ich recht verftehe, faßt er aber einige der Erfcheinungen diefer Art nicht als Folge diefer Netzhautthätigkeit auf, fondern als Urtheilstäufchungen, fo z. B. die Contrafterfcheinungen.

Die *Hering*'fche Theorie läßt uns bei der Erklärung diefer *Goethe*'fchen Erfcheinungen, wie bei den durch Druck erzeugten Lichterfcheinungen etc. völlig im Stich. Denn die Vorgänge der Affimilation und Diffimilation find nach ihm abhängig von der Einwirkung von Licht und Farben auf den affimilirbaren und den diffimilirbaren Stoff.

Eine Theorie, welche Farben- und Lichtempfindung auf die fpecififche Energie der neuroepithelialen Netzhautfchicht zurückführt, kann auch ein bloß fubjectives Vorkommen diefer Licht- und Farbenerfcheinungen leicht erklären, denn die zu Licht- und Farbenempfindung führende Erregung kann auch durch andere Reize als den unmittelbaren Reiz des Lichts und der Farben hervorgerufen werden. So z. B. wäre darnach die *Goethe*'fche Erfcheinung zweifellos auf einen Erregungszuftand der Netzhautgebilde zurückzuführen, der durch Druck und Mangel an Zufuhr von Ernährungsftoffen hervorgerufen wird.

Das Eigenlicht der Netzhaut kommt fomit auf eine befondere Eigenfchaft der Netzhaut hinaus, Licht- und Farbenempfindung wachzurufen, auch ohne von Licht- und Farbenftrahlen ihrerfeits dazu angeregt zu fein.

Was die Entftehungsart der Nachbilder betrifft, fo hat man wohl zu beachten, daß diefelben keine ordnungsgemäßen Begleit-

erſcheinungen des Sehens ſind. Sie entſtehen nur, wenn man einen Gegenſtand lange Zeit dauernd im Auge behält, alſo dann, wenn die Netzhautbestandtheile überreizt ſind. Dieſe Ueberreizung bei lange dauernder Anſtrengung des Blicks iſt meiſt mit Schmerz im Auge, Gefühl von Schwere im Kopf u. ſ. w. verbunden.

Wenn das Bild eines aus dunkeln und hellen Theilen zuſammengeſetzten Gegenſtandes die Netzhaut trifft (z. B. eines Fenſters), ſo zeichnet ſich das Bild auf der Netzhaut als «Netzhautoptogramm». Die dunkeln Streifen erzeugen in den Netzhauttheilchen eine geringere Erregung als die hellen Theile. Hält man ſeinen Blick nun lange feſt auf den betreffenden Gegenſtand gerichtet, ſo tritt Ueberreizung ein. Nun richten wir den Blick auf eine dunkle Fläche oder halten überhaupt jedes Licht vom Auge ab, ſo werden wir zuerſt ein poſitives Nachbild haben, ganz gleich dem bisher geſchauten Bild, dann ein weniger helles, graues, negatives. In dieſem werden die im poſitiven Bild am hellſten geweſenen Stellen am dunkelſten erſcheinen und umgekehrt. Beim poſitiven Nachbild beſteht eine Bewegung der Netzhauttheilchen, welche jener gleich iſt, die unter unmittelbarer Einwirkung des Gegenſtands beſtand; beim negativen Nachbild hingegen beſteht wohl die Bewegung noch, aber die Netzhauttheilchen ſtehen unter dem Einfluß des neuen Reizes und paſſen ſich dieſem allmälig an. So lang als «negative Energie» andauert, hat man die Empfindung des negativen Nachbilds. Da das Netzhauttheilchen nach einer ſtarken Erregung ſich nur langſam anpaßt, ſo muß in einem ſolchen Fall das Andauern des negativen Nachbilds auch ein langes ſein.

Es wäre demnach das Verhalten des negativen Bildes ſo zu erklären: das ſtärker in Erregung verſetzt geweſene Netzhauttheilchen, das unter Einwirkung hellerer Strahlen geſtanden, verfällt in einen Zuſtand größerer Ermüdung und Abgeſtumpftheit als das Theilchen, welches nur ſchwächeres Licht empfangen hatte. Es wird darum beim negativen Nachbild jenes Theilchen in geringerer Erregung sein, das ſich im Zuſtand der Ermüdung befindet,

d. h. das Theilchen mit geringerer Energie wird uns den Eindruck geringerer Helligkeit geben. Beachtenswerth ist, daß die hellen Theile des negativen Nachbilds immer noch weniger hell sind, als sie es im positiven Bilde waren; sie erscheinen nur hell im Vergleich zu den dunkleren Theilen.

Das negative Bild leidet auch nicht darunter, wenn schwache Lichtstrahlen die Netzhaut treffen, wenn man z. B. eine mäßig helle Fläche anschaut; denn schwaches Licht hebt die beschriebenen Verhältnisse nicht auf oder bringt uns wenigstens eine Aenderung dieser Zustände nicht zum Bewußtsein; denn wird auch das Nachbild auf der Netzhaut heller beleuchtet, so ist doch noch das Verhältniß in der Erregbarkeit der verschiedenen Theile zu einander das gleiche, und die dunkleren Theile des Nachbilds bleiben nach wie vor dunkler im Vergleich zu den helleren.

Bei farbigem Licht und farbigen Gegenständen treten ihre Complementärfarbe als negatives Nachbild auf. Auch hier muß man, um das Nachbild zu erhalten, die Farbe lang anschauen und dann den Blick auf eine beleuchtete Fläche richten, oder die Augen schließen oder sonst alle Lichtstrahlen plötzlich abhalten.

Die ursprüngliche Thätigkeit (Energie) im Theilchen, welche dem Reiz einer gewissen Farbe entspricht, geht in secundäre Thätigkeit (Energie) über so lange, bis das Theilchen sich der neuen Einwirkung angepaßt hat; so entsteht mit Aenderung des Reizes ein neue Empfindung, die der complementären Farbe.

Die Untersuchung der specifischen Energien der Netzhaut ergiebt, daß die Farbenempfindungen das Ergebniß eben so vieler Zwischenstufen zwischen dem Erregungszustand im Hellen und dem Zustand im Dunkeln sind. Jede Farbe giebt, mit ihrer Complementärfarbe vereinigt, weiß, und zwar ist die Complementärfarbe von roth grünblau, von gelb blau, von grüngelb violett. Es besteht somit ein gewisser Zusammenhang zwischen dieser Ordnung der Farben und ihrer Complementärfarben und der Beobachtung, die wir beim Frosch über die verschiedene Stärke der Zusammenziehung der Netzhauttheilchen bei den verschiedenen

Farben (die geringſte bei roth, gelb und grüngelb, die ſtärkſte bei grün, blau und violett) machten. Die Farben, die links im Spectrum liegen und deren Empfindung alſo mit geringerer Erregung der Netzhauttheilchen einhergeht, ſind Complementärfarben zu denen, die rechts liegen und ſtärkere Erregung der Netzhauttheilchen bedingen.

Unterſuchen wir nun das Theilchen, welches lange Zeit unter dem Einfluß blaugrünen Lichts geſtanden hat, und gehen wir von der Annahme aus, daß dieſe Farbe aus einer Reihe von Umſtänden hervorgehe, die das Netzhauttheilchen zum höchſten Maß der Anſpannung treiben. Nach Aufhören der unmittelbaren Einwirkung kommt dann im Theilchen die ſecundäre Energie zur Geltung, welche eine um ſo ſchwächere iſt, je ausgeſprochener die urſprüngliche war; da aber in unſerem Fall die urſprüngliche die ſtärkſtmögliche war, ſo muß nun die ſchwächſte folgen, das heißt, wir werden Empfindung von roth haben, denn dieſer Farbenempfindung entſpricht die geringſte Kraftleiſtung der Netzhauttheilchen.

Angenommen, das Theilchen wäre lange Zeit unter dem Einfluß von roth geſtanden, und angenommen, daß auf die ſchwächſte urſprüngliche Thätigkeit die ſtärkſtmögliche folgen muß, ſo wird die Complementärfarbe für roth, da dieſes die geringſten Anſprüche an die Netzhauttheilchen ſtellt, grünblau ſein müſſen, weil bei dieſen die größte Leiſtung der Theilchen erfolgt.

Wir haben hier angenommen, daß die Empfindung von grünblau aus einer Reihe von Umſtänden entſpringe, welche die ſtärkſte Thätigkeit des Netzhauttheilchens hervorrufen. Beim Froſch aber fanden wir das höchſte Maß der Thätigkeit bei Einwirkung der blauen und violetten Farbe, d. h. wenigſtens was die Geſtaltveränderung des Netzhauttheilchens durch Zuſammenziehung anbetrifft, nicht aber für die chemiſche Umwandlung des Netzhautpurpurs; denn dieſer zeigt die größte Veränderung bei blaugrünem Licht *(Kühne)*; blaugrünes Licht bleicht die Netzhaut am raſcheſten. Mit dieſem Verhalten läßt es ſich alſo vereinbaren, daß die raſche Einwirkung eines farbigen Lichts auf den Netzhautpurpur und die ſcharf aus-

geprägte Zuſammenziehung des Netzhauttheilchens einen höchſten Grad von Energie erwecken, während das rothe Licht, in welchem der Netzhautpurpur langſamer bleicht, als ſich das Netzhauttheilchen zuſammenzieht, nur die ſchwächſte Reactionsenergie in dieſem wachruft. Obgleich der Netzhautpurpur verſchwindet, nachdem die Einwirkung eine Weile gedauert hat, während der Einfluß des farbigen Contraſtes anhält, verliert die obige Erörterung nicht an Werth; denn der Netzhautpurpur bedingt nur die Farbe einer Subſtanz, welche auch ohne dieſe Farbe eine chemiſche Einwirkung von farbigen Strahlen erleiden kann. Die Möglichkeit, daß eine farbloſe Subſtanz durch verſchiedene Farben in verſchiedener Weiſe beeinflußt werde, iſt übrigens für die Netzhautelemente durchaus anerkannt; denn Niemand hat von dieſer Seite die Theorie *Hering*'s bekämpft, die ſich ausſchließlich auf die Annahme ſtützt, daß in der Netzhaut eine farbloſe Subſtanz vorhanden iſt, welche durch den Lichtreiz eine Veränderung erfährt.

Die ſecundäre Energie der Netzhauttheilchen wird durch jegliche neue Einwirkung auf die Netzhaut wachgerufen, ſo daß wir das farbige Nachbild erhalten, ebenſowohl wenn wir auf eine beleuchtete Fläche ſchauen, als wenn wir das Auge ganz in's Dunkle bringen. Es entwickelt ſich auch in dem Falle ſelbſt die Complementärfarbe der urſprünglich geſehenen Farbe, wenn der Grund, auf dem wir das Nachbild ſehen, eben jene Complementärfarbe hat. Nur vertieft ſich dann die Farbe des Grunds dort, wo das Nachbild auf derſelben ſteht, indem zu der Erregung, welche die Farbe des Grunds in den Netzhauttheilchen hervorruft, die ſecundäre Energie verſtärkend hinzutritt.

Läßt man während des Beſtehens eines negativen Nachbilds im Dunkeln plötzlich einen Lichtſtrahl in's Auge fallen, ſo geht das Nachbild in ſeine Complementärfarben über; verdunkelt man nun aber das Auge wieder raſch genug, ſo tritt das Nachbild wieder in ſeiner urſprünglichen Farbe auf, d. h. in der Complementärfarbe des Bildes, deſſen Nachbild es iſt. Es beruht dies auf der eigenthümlichen Weiſe, wie die ſecundäre Energie auf neue Reize antwortet. Es wechſelt die Art des zum Hirn gehen-

den Anſtoßes mit dem neuen Reiz und ruft die Empfindung der Farbe hervor, welche zu jener Energie complementär iſt, die ſich eben dem neuen Reiz anpaßt. Es wechſelt ſomit ſowohl die Bewegung primärer als die ſecundärer Energie der Netzhauttheilchen bei jeder neuen Beeinfluſſung durch Licht oder Dunkel ihren Charakter. Bei jedem Wechſel der Erregung tritt an Stelle der eben empfundenen Farbe ihre Complementärfarbe.

Nun bliebe uns noch zu betrachten übrig, mit welcher Thätigkeit in der Netzhaut die Erſcheinungen des ſimultanen Contraſtes einhergehen. Eine farbige Scheibe auf weißem oder grauem Grund erſcheint von einem Ring in der complementären Farbe umgeben. Mir ſcheinen hierfür drei Erklärungsarten in Betracht zu ziehen zu ſein. Erſtens könnte der ſimultane Contraſt eine Irradiationserſcheinung ſein, zweitens könnte er auf einer Interception beruhen, welche ein Leuchtkörper auf die ſeinen eigenen Lichtſtrahlen entſprechenden Wellen ausübt, drittens endlich könnten die auf den unmittelbaren Reiz einer farbigen Lichtwelle antwortenden Netzhauttheilchen eine ſecundäre Energie in den angrenzenden Netzhautbereichen wach rufen.

Nimmt man eine Irradiation als den Grund der Erſcheinung an, ſo muß man annehmen, daß die Netzhautbezirke, die an jene grenzen, auf die das Bild einer beſtimmten Farbe geworfen iſt, von dieſem unmittelbar beeinflußt werden, ſei es darum, weil der Blick nicht längere Zeit hindurch ganz feſt auf einen Punkt geheftet werden kann, ſei es, weil die brechenden Mittel des Auges das Bild nicht ganz ſcharf, ſondern nur mit Zerſtreuungskreiſen umgeben auf die Netzhaut zu werfen vermögen. So müßte der Bereich des Zerſtreuungskreiſes der urſprünglichen Farbenſtrahlen ſich mit dem Bereich der complementären Farbe decken. Die Netzhautbeſtandtheilchen im Bereich der Complementärfarbe ſtehen dann unter zwei Einwirkungen, erſtens unter derjenigen der urſprünglichen Farbe und zweitens unter derjenigen der weißen oder grauen Grundfarbe. Selbſtverſtändlich muß eine der beiden ſtärker auf die Theilchen einwirken als die andere. Nehmen wir z. B. an,

daß die auf die Netzhaut fallenden Strahlen roth feien, daß aber die Grundfarbe eine ftärkere Einwirkung auf die Theilchen ausübe als diefe Strahlen, fo wird die Wirkung vom Weiß um das vermindert werden, was fie durch die gleichzeitige Wirkung des Roths eingebüßt hat. Es werden in dem weißen Licht die rothen Wellen unterdrückt werden, und das die Theilchen erregende Licht wird grün fein, denn *Newton* hat gezeigt, daß, wenn man eine Farbe aus dem Spectrum ausfchaltet und nun die übrigen Farbenftrahlen wieder mittelft einer biconvexen Linfe vereinigt, man die Complementärfarbe der ausgefchalteten Farbe erhält.

Doch wie wir fehen werden, trifft diefe Erklärung nicht zu; ebenfowenig die von *Giraud de Toulon* vorgefchlagene.[1]) Letztere ftützt fich auf die von *Kirchhoff* nachgewiefene Erfcheinung, daß ein leuchtender und gleichzeitig durchfichtiger Körper die Lichtwellen, welche feinen eigenen gleich find, unterdrückt und abforbirt. *Giraud de Toulon* führt die Entftehung der *Leonardo da Vinci*'fchen Schatten auf diefe Erfcheinung zurück.

Betrachten wir ein Mal, wie diefe *Leonardo*'fchen Schatten auftreten. Wir können fie in jeglicher Größe erhalten. Ich konnte fie in der Breite von einigen Centimeter erzielen. Sie treten in dem Augenblick felbft auf, wo man zum Kerzenlicht noch das Tageslicht hinzubringt. Man kann fie alfo nicht als einfache Irradiationserfcheinung auffaffen, dazu find fie zu groß und treten zu plötzlich auf. Nehmen wir darum zur *Giraud*'fchen Erklärung unfere Zuflucht, fo müßten wir uns die Entftehung der blauen Schatten in folgender Weife vorftellen: das weiße Licht trifft nur die Stellen, wo der blaue Schatten liegt, diefen fehen wir blau und nicht weiß, weil die Strahlen des Schattens, indem fie durch den vom gelben Kerzenlicht durchftrahlten Raum zu unferem Auge gehen, die gelben Farbenftrahlen verlieren. Diefe Erklärung wäre aber nur dann ftichhaltig, wenn der vom Tageslicht geworfene Schatten der Flamme auch dann noch blau erfchiene, wenn man

---

[1]) *Giraud de Toulon*, La vision et ses anomalies. Paris 1879.

ihn durch ein Rohr betrachtet, welches uns nichts anderes als den Schatten oder einen Theil deſſelben zu ſehen geſtattet. Dann aber erſcheint er eben weiß. Wohl aber wird er wieder blau, wenn wir das Rohr ſo richten, daß wir nicht nur einen Theil des Schattens, ſondern auch ein Stück des gelb beleuchteten Grundes mit in den Geſichtskreis faſſen.

So müſſen wir denn auch dieſen zweiten Verſuch der Erklärung für die Entſtehung des ſimultanen Contrast's als unzuläſſig zurückweiſen und müſſen unſere Zuflucht zu der dritten oben angeführten Möglichkeit nehmen. Hier wird darauf zurückgegriffen, daß in der Netzhaut bei Wachrufung einer primären Energie an der Stelle, die unmittelbar von einem Licht- oder Farbenſtrahl getroffen wird, dieſe Energie ſich auch auf die daran angrenzenden Theile ausdehne. Anatomiſch ſind gegen dieſe Annahme keine Bedenken vorhanden, da die Epithelzellen unter einander in Verbindung ſtehen, ja ein Beſchränktbleiben der Thätigkeit auf ſcharf begrenzten Bezirk wäre ſogar ſchwerer zu begreifen, als daß die Bewegung, welche in dieſem Bezirk die Ebene des Moſaikgewebes verrückt, auch von den unmittelbar daran ſtoßenden Zellen mitgefühlt wird.

Nehmen wir an, die beſtimmte Bewegung, welche in den Netzhauttheilchen auf eine gegebene Farbe erfolgt, greife auch auf die angrenzenden Theile über, ſo wird die primäre Thätigkeit, die in den Theilchen innerhalb des Bereichs dieſes Uebergreifens auftritt, ſich in ſecundäre Energie umwandeln und die Empfindung der Complementärfarbe wach rufen, denn die Theilchen ſtehen ſchon unter einem anderen Einfluß, z. B. dem des weißen Lichts. So hat man für den ſimultanen Contraſt die gleiche Entſtehungsweiſe wie für den ſucceſſiven.

Beim Daltonismus beſteht theilweiſe Farbenblindheit, indem hier zweierlei Farben nicht von einander unterſchieden werden, und zwar ſind dies ſtets Ergänzungsfarben zu einander. Es beſteht vollſtändige Farbenblindheit, wenn bloß ſchwarz und weiß empfunden wird. Auch die Farbenblindheit findet ihre einfachſte Erklärung in der Lehre der ſpecifiſchen Energien der neuroepithe-

lialen Schicht der Netzhaut, wenn man annimmt, daß die empfindenden Theilchen durch einen angeborenen Fehler unfähig ſind, für eine oder für alle Farben die denſelben entſprechende Reizwirkung auszulöſen. Die Erklärung der unvollſtändigen Farbenblindheit wird viel einfacher, wenn man die Entſtehungsweiſe der Empfindung der Ergänzungsfarbe im Auge behält, d. h. daß die Thätigkeit, welche die unmittelbar geſehene Farbe hervorruft, die urſprüngliche iſt, die Thätigkeit hingegen, die zur Empfindung der Complementärfarbe führt, nur eine Folge der erſteren, und daß die Farbenempfindung, welche als complementäre Empfindung auf die negative Energie folgt, von einer poſitiven Energie hervorgerufen wird, wenn dieſe Farbe urſprünglich auf die Netzhaut einwirkte. Wenn alſo die urſprüngliche Energie für eine gewiſſe Farbe eine fehlerhafte iſt (der unvollſtändig farbenblinde erkennt die Farbe, für die er blind iſt, oft doch noch, wenn ſie ſehr hell iſt), ſo muß verſtändlicherweiſe auch die ſecundäre Energie fehlerhaft ſein, und indem das Maaß der richtigen Unterſcheidung beider Reactionen nicht vorhanden iſt, muß die unklare primäre Reaction auf eine gewiſſe Farbe der ſecundären gleich ſein oder ſie wach rufen und damit zur Folge haben, daß die geſehene Farbe ihrer Ergänzungsfarbe gleich erachtet wird.

Die erworbene Farbenblindheit durch Entartung der Leitungsbahnen der nervöſen Beſtandtheile der Netzhaut tritt ebenſo auf wie die angeborene Farbenblindheit. Doch iſt es hier wahrſcheinlicher, daß die durch eine beſtimmte Einwirkung hervorgerufene Erregung nur falſch dem Gehirn übermittelt und darum falſch empfunden wird.

Eine andere Art erworbener Farbenblindheit finden wir bei den halbſeitig unempfindlichen Hyſteriſchen. Hier ſind die Erſcheinungen der Störung der Farbenempfindung ſtets auch mit Herabſetzung der Empfindlichkeit für weißes Licht verbunden. Das Unterſcheidungsvermögen für Blau und Violett ſchwindet zuerſt, ſie werden ſchwarz geſehen, dann kommt die Reihe an Grün, zuletzt ſchwindet die Empfindung für Gelb und Roth. Die Em-

pfindlichkeit für die verfchiedenen Farben geht alfo bei den Hyfterifchen in umgekehrter Reihenfolge der fpectralen Anordnung der Farben verloren; diefe Reihenfolge entfpricht hingegen dem fteigenden Maaß der von den Farben hervorgerufenen Zufammenziehung der Netzhauttheilchen, d. h. die Farbe, die zuerft verfchwindet, ift die, welche die ftärkfte Thätigkeit der Theilchen erfordert, um zur Empfindung zu gelangen. Nehmen wir nun an, daß bei den Hyfterifchen die Zufammenziehungskraft der Netzhauttheilchen immer mehr abnehme, fo wird fich ergeben, daß jene Farben, die größerer phyfifcher Energie bedürfen, nur mangelhaft oder gar keine Veränderung in den Theilchen mehr hervorzurufen vermögen, und daß damit diefe Farben nicht mehr zur Empfindung gelangen werden.

ZWEITER THEIL.

Bau- und Thätigkeitsmechanismus der leitenden Wege der Lichtempfindung.

Erfter Abfchnitt.

Verfchiedenheit des Baus bei den Wirbelthieren. — Verlauf der Fafern des gelben Flecks im Sehnerven. — Bau des Chiasma bei den höheren Säugethieren. — Lagerung der Fafern eines Sehnerven in beiden Tractus. — Wurzeln der Tractus. — Bedeutung des Kiffens, des lateralen und medialen Kniehöckers und der Vierhügel für das Sehen.

Man darf annehmen, daß für die Netzhaut aller Wirbelthiere der Eindruck, den ein und derfelbe Gegenftand hervorruft, auch der gleiche ift, denn die Netzhaut fetzt fich bei allen aus den gleichen lichtempfindenden Theilchen zufammen und zeigt bei allen die gleichen Veränderungen bei Lichteinwirkung. Unterfchiede, die verfchiedene Arten unter einander zeigen, beziehen fich nur auf die Größenverhältniffe der Theilchen, nicht auf ihre Geftaltung, und deuten auf eine Verfchiedenheit in den Lebensbedingungen des Thiers, nicht in der Thätigkeit der Gebilde.

Dagegen findet man weſentliehe Unteſchiede im Bau der liehtempfindungsleitenden Wege im Gehirn, welehe zunäehſt eine Verſehiedenheit in der Thätigkeit erwarten laſſen könnten. Bei den niederen Wirbelthieren, den Amphibien, Reptilien, Vögeln, iſt der lobus optieus (Bereich der Vierhügel) der Bezirk der Endausbreitung der Sehnervenfaſern. Er iſt um ſo entwiekelter, je geringer der Umfang der Gehirnhalbkugeln iſt. Bei den Säugethieren, insbeſondere den höheren, treten an Stelle der Sehlappen die Vierhügel, die Kniehöeker und das Kiſſen. Die geringe Ausdehnung dieſes Bereiehs des Mittelhirns ſteht im grellen Gegenſatz zu dem Sehlappen bei den Fiſchen (Teleostei, Ganoidei), wo er die Halbkugeln an Größe weit überragt.

In der fortſehreitenden Entwiekelung der Halbkugeln haben wir eine fortlaufende Reihe zunehmender Antheilnahme des Gehirns an der Sehthätigkeit, von den unteren Wirbelthieren an, wo die Halbkugeln nieht einmal einen Einfluß auf das gleiehſeitige Auge ausüben, bis zum Menſehen, wo jede Halbkugel mit beiden Augen dureh eine gleiehe Anzahl Faſern verbunden iſt. Während alſo die Beſtandtheile der Netzhaut die gleichen ſind, ſind die Verbindungen der Sehnervenfaſern mit den Halbkugeln verſehieden, und je höher das Thier ſteht, deſto mehr nimmt die Halbkugel am Sehen Theil, womit zugleieh ſieh auch der Thätigkeitsmeehanismus ändert.

Bei den höheren Säugethieren und dem Menſehen iſt es phyſiologiſehe Nothwendigkeit, daß ein Theil jeder Netzhaut mit der entſpreehenden Halbkugel in Verbindung ſtehe. Es iſt dies nothwendige Folge der Entwiekelungsgeſetze und der Anpaſſung an den größeren Geſiehtswinkel, denn dieſer bringt es mit ſich, daß die beiden Geſiehtsfelder ſieh über einander ſehieben, wodureh ein binoeuläres Sehen nothwendig wird, das heißt ein gemeinſames Zuſammengehen der Augäpfel in ihren Bewegungen und ein Zuſammenwirken der Sehempfindungen. Es iſt klar, daß ein Zuſammengehen der Augenbewegungen erfordert wird, welches nur unter Ueberwachung dureh das Bewußtſein möglich iſt, denn auch

beim Seitlichſchauen müſſen ſich die Sehaxen in einem Punkte ſchneiden, wenn man ein einfaches Bild von dieſem Punkte erhalten ſoll.

Im Sehnerven des Menſchen verlaufen die Faſern des gelben Flecks zu einem etwa dreikantigen Bündel vereinigt, welches beim Austreten aus der Schädelhöhle den Kern des Sehnerven bildet, dann mehr zur Seite rückt, bis es ganz auf die Schläfenſeite im Sehnerven zu liegen kommt. Einen Centimeter oberhalb des Augapfels bis zum Auseinanderfaſern in der Papille bildet dies Bündel den lateralſten Theil des Nerven (*Samelſohn*)[1]. In der Höhe des Chiasma verlaufen dieſe Faſern in der Mitte, umgeben von den Faſern der Randtheile der Netzhaut. *Leber* fand in zwei Fällen von concentriſcher Einengung des Geſichtsfeldes, die mit ſtarker Abſtumpfung des Sehens einhergingen, nahe bei dem Chiasma die äußeren Faſern der Sehnerven geſchwunden und entartet, während das mittlere Bündel unverſehrt geblieben war.

Die Schwierigkeit der Unterſuchungen und vielleicht auch die ungenügende Zahl derſelben iſt Schuld daran, daß wir noch nicht darüber unterrichtet ſind, wie die Faſern des gelben Flecks in dem Chiasma verlaufen. Ueberhaupt gaben uns bisher die Krankheitsveränderungen in dem Chiasma noch keinen genaueren Aufſchluß über den Bau desſelben. Es findet ſich kein Fall von alleiniger Entartung ſeines vorderen Winkels angeführt. *Müller*[2]) beſchreibt einen Fall von Halbblindheit auf der Schläfenſeite, bei der die Blindheitsgrenze in beiden Augen gerade ſenkrecht durch den Mittelpunkt des Geſichtsfelds ging. Dieſe Halbblindheit beſtand ſo durch anderthalb Jahre. Der Leichenbefund gab nicht den geringſten Aufſchluß über dieſen Zuſtand im Leben. Das Chiasma war faſt ganz zerſtört, die Wurzeln des Sehnerven völlig entartet.

Bei Geſchwülſten, die den vorderen Winkel des Chiasma in Mitleidenſchaft ziehen, hat man nur eine concentriſche Einengung

---

[1]) *Samelſohn*, Centr. für med. Wiſſenſchaft. 1880.

[2]) *Müller*, Arch. f. Ophthalm. VIII.

des Gesichtsfelds als einzige Krankheitserscheinung gefunden, die man von Zerstörungen am Sehnerven ableiten könnte. Auch scheint es, daß Entartung im hinteren Teile des Chiasma keine Sehstörungen zur Folge hat. Es wurden solche auch beim Hydrocephalus internus bei all den vielen untersuchten Fällen nicht vorgefunden, wo doch die dritte Hirnhöhle sich kegelförmig vorwölbt und auf die hinteren Theile des Chiasma drückt.

Die Beobachtungen, welche auf den hinteren Theil des Chiasma Bezug haben, werfen wenig Licht auf die Bedeutung desselben. *Russel*[1]) beschreibt eine horizontale Halbblindheit (Hemianopsie) des rechten Auges. Die obere Hälfte der Netzhaut war ohne Lichtempfindung, in der unteren war $V = {}^1/_{10}$. Das linke Auge war gesund. In der Folge wurde das rechte Auge ganz amblyopisch; im linken blieb nur der unteren Hälfte die Sehkraft. Der Leichenbefund zeigte vollkommene Zerstörung des Chiasma durch eine Geschwulst; diese war zweifellos von dem Schädelgrund ausgegangen, denn sie hatte kaum erst ein wenig auf die untere Fläche des Gehirns übergegriffen, hatte sich hingegen längs des Keilbeins und bis auf die Nasenbeine ausgedehnt. Dagegen fand dann *Mauthner*[2]) bei einer Geschwulst, die durch langsames Wachsthum auf die untere Fläche des Chiasma gedrückt hatte, eine obere Halbblindheit.

Zu diesen sich widersprechenden Angaben kommt dann vollends noch ein Fall von *Nélaton*[3]), wo im Leben keine Blindheit beobachtet worden war und an der Leiche das Chiasma mit Ausnahme eines kleinen vorderen Abschnitts vollkommen erweicht gefunden wurde. In drei Fällen endlich von Halbblindheit auf der inneren Seite war das Chiasma in großer Ausdehnung entartet.

Seit alten Zeiten haben sich schon die Anatomen mit dem Bau des Chiasma beschäftigt. Es ist indeß merkwürdig, daß der erste, der eine Halbkreuzung der Sehnervenfasern vermuthete,

---

[1]) *Russel*, Med. Times and Gaz., 1873.

[2]) *Mauthner*, Gehirn und Auge. Berlin, 1881.

[3]) *Nélaton*, Revue Méd., 1833.

ein Phyſiker war und zwar *Newton* im Jahre 1704. Seit ihm bis zu *Graefe* pflegten ſich die Kliniker zur Erklärung der Fälle von Halbblindheit auf dieſe Annahme zu ſtützen. Die mikroſkopiſche Unterſuchung beſtätigte in der That dieſe ſchon als erwieſen angenommene Anſicht.

Bieſiadecki[1], *Mandelſtamm*[2], *Michel*[3] und *Scheel*[4] haben nach experimentellen und hiſtologiſchen Unterſuchungen die Lehre aufgeſtellt, daß bei allen Wirbelthieren und dem Menſchen die Kreuzung der Faſern im Chiasma eine vollſtändige ſei. *Gudden*[5] giebt eine ſolche für die niederen Wirbelthiere bis zum Kaninchen zu, hält aber an einer Halbkreuzung für den Hund, den Affen und den Menſchen feſt. Zu gleicher Zeit fand man, daß dreierlei Faſern im hinteren Winkel des Chiasma vereinigt ſind. Die einen entſpringen im Tuber cinereum und laufen zum oberen und zum unteren Theil des Chiasma in der Schleifencommiſſur (*Scheel*); die anderen beiden Faſerordnungen ſetzen ſich nicht wie jene in die Sehnerven fort. Von ihnen bilden die vorderen (*Gudden*'ſche Commiſſur) mit den anderen (*Meynert*'ſche Commiſſur) ein Bündel von Faſern, die von dem einen äußeren Kniehöcker zum anderen ziehen und im hinteren Theil des Chiasma verlaufen. *Stilling*[6], gleichfalls an eine Halbkreuzung bei den Säugethieren glaubend, brachte neuerdings eine Anſchauung *Hannover*'s zur Geltung, indem er Verbindungsfaſern beſchreibt, die im vorderen Winkel des Chiasma von einem Sehnerven zum anderen gehen.

In Bezug auf die Menge der ſich kreuzenden Faſern ſcheint die Beobachtung am Krankenbett dahin zu führen, daß beim Menſchen eine Halbkreuzung in der Weiſe ſtattfindet, daß die

---

[1]) *Bieſiadecki,* Sitzungberichte der Wien. Ak. math. nat. Claſſe. Bd. 42, 1861 und dieſe Unterſuchungen, Bd. VIII, S. 156 und folgende.

[2]) *Mandelſtamm,* Arch. für Ophthal., XIX, II.

[3]) *Michel,* Arch. für Ophthal., XXIII.

[4]) *Scheel,* Monatsb. f. A. Bd. XII.

[5]) *Gudden,* Arch. f. Ophthal., XX, XXV.

[6]) *Stilling,* Unterſuchungen über den Bau der optiſchen Centralorgane. Kaſſel und Berlin, 1882.

Fasern eines jeden Tractus sich genau in zwei gleiche Theile theilen und die Netzhaut so von beiden versorgt wird, daß sie in zwei Theile getheilt ist, deren Grenze senkrecht durch den Punkt des deutlichsten Sehens geht.

Dieses klinische Gesetz konnte histologisch noch nicht bestätigt werden. *Hellermann*[1]) fand sogar, daß das ungekreuzte äußere Bündel schwach, das gekreuzte äußere aber um ein Drittel stärker als dieses ist. *Wernicke*[2]) kommt zum gleichen Schluß, und zur Erklärung der Halbblindheit nimmt er an, daß die Fasern beider Abtheilungen des gelben Flecks und der Netzhautmitte, der äußeren wie der inneren, vom gekreuzten Bündel stammen. *Purtscher*[3]) findet beim Menschen eine Halbkreuzung der Fasern in vielen von ihm untersuchten Sehnerven mit beiderseitiger aufsteigender Atrophie. *Nicati*[4]) schnitt bei jungen Katzen das Chiasma zur Hälfte durch und fand, daß das Sehen erhalten blieb, was so bestimmt wie nur irgend möglich für die Halbkreuzung spricht.

Alle Untersucher stimmen darin überein, daß die Entartung der Kreuzungsfasern niemals sich auf die hinteren Verbindungsfasern mit erstreckt, daß hingegen die vom Tuber cinereum stammenden Fasern entarten.

Ich habe [5]) in einer kleinen Arbeit, die als vorläufige Mittheilung zu betrachten ist, entartete Chiasmen bei aufsteigender Entartung von einem Sehnerven aus untersucht, und zwar vom Kaninchen, vom Hund und vom Menschen, und kam zum Schluß, daß die Sehnervenfasern eine Halbkreuzung erleiden. Diese Halbkreuzung ist eine zunehmende vom Kaninchen zum Menschen, wo allein sie eine dichotomische Theilung erreicht. Beim Kaninchen gehen nur wenige Fasern des unteren Theils des Chiasma vom Sehnerven zum gleichnamigen Tractus über. Ich meinte die Erklärung

---

1) *Hellermann*, Zehender's Monatsblätter, 1878.
2) *Wernicke*, Lehrbuch der Gehirnk., 1881.
3) *Purtscher*, Graefe's Archiv, 1880.
4) *Nicati*, Cent. für Ophthal., 1879.
5) *Angelucci*, Gazzetta medica di Roma, 1884.

für dieſe Verſchiedenheit im Verhalten bei den Säugethieren in der Größenverſchiedenheit des Geſichtswinkels und in dem damit Hand in Hand gehenden Zuſammenfallen der Bewegungen beider Augäpfel zu finden. Nach dieſer meiner Mittheilung erſchien eine Arbeit *Mauthner*'s [1]), die endlich mit einer großen Reihe von Beweisgründen die Halbkreuzung beim Menſchen unzweifelhaft zu machen ſchien. Ich hielt es darum für überflüſſig, daraufhin meine Unterſuchungen fortzuführen, ſchätzte mich vielmehr glücklich, der herrſchenden Anſicht mich anſchließen zu können. Ich war darum ſehr erſtaunt, als 1887 *Michel* [2]) eine Arbeit herausgab, in der er wiederum für eine vollkommene Kreuzung auch beim Menſchen eintrat. Er ging in einer neuen Weiſe bei ſeinen Unterſuchungen vor, die vor der früher gebräuchlichen entſchieden große Vorzüge hat (Methode *Weigert*'s). So war dieſe Frage von neuem erwacht und forderte zu neuen Unterſuchungen auf.

Mir lagen drei Chiasmen vor (Fig. 1, 2, 3, Tafel II), eines vom Kaninchen, eines vom Hund und eines vom Menſchen. Bei allen dreien war ein Sehnerv entartet; beim menſchlichen ſchon ſeit 21 Jahren. Da mein Aſſiſtent *Dr. Tornatola* großes Intereſſe für die Frage zeigte, überließ ich ihm gerne die Ausführung der Unterſuchung, was mir zugleich größere Vorurtheilsloſigkeit in der Beobachtung ſicherte. Die Unterſuchung wurde auf das genaueſte nach *Michel*'s Vorgang gemacht und die Schnitte in gleicher Richtung geführt. Ich überwachte wohl die Unterſuchung, ohne aber das Urtheil des Unterſuchers zu beeinfluſſen, zumal die Befunde überraſchend klar ins Auge ſpringend waren.

Schon mit bloßem Auge ſieht man, daß beim Kaninchen (Fig. 1, t o s) der dem atrophiſchen Sehnerven entgegengeſetzte Tractus im Ganzen atrophiſch iſt, der gleichnamige t o d ſcheint ganz unverändert zu ſein. Beim Hund (Fig. 2) deutet ſchon der Anblick mit unbewaffnetem Auge darauf, daß auch der gleich-

---

[1]) *Mauthner*, l. c.

[2]) *Michel*, Ueber Sehnerven-Degeneration und Sehnerven-Kreuzung. Wiesbaden, 1887.

namige Tractus etwas in Mitleidenfchaft gezogen ift (t o d; F. 2). Beim Menfchen aber ift der Schwund in beiden Tractus unverkennbar und zwar beiderfeits gleich ftark (Fig. 3, t o d, t o s).

Die mikrofkopifche Unterfuchung *Dr. Tornatola*'s beftätigte durchaus, was ich fchon vorher für das Chiasma beim Kaninchen, Hund und Menfchen gefunden hatte.

Beim Kaninchen zeigen wagerechte Schnitte durch das Chiasma, daß der Sehnerv des ausgefchnittenen Auges (rechts) in all feinen Fafern völlig entartet ift. Er ift (n o d) in einen Bindegewebeftrang umgewandelt, der fich gelb färbt. Diefer Strang geht durch das Chiasma durch, indem er die vom gleichnamigen Tractus kommenden Fafern kreuzt, welche ihrerfeits augenfcheinlich in den gegenüberliegenden linken Sehnerven übergehen. Der rechte Tractus zeigt keine Veränderungen der Art; der linke ift aber fehr fchwach (t o s) und befteht aus einer gleichmäßig gelb gefärbten Bindegewebemaffe. Im vorderen Abfchnitt des Tractus finden fich noch einige unveränderte Nervenfafern, und ebenfo find die hinteren Verbindungsfafern nicht entartet. Es ließ fich nicht feftftellen, ob die wenigen unveränderten Fafern im linken Tractus (f d) zum gegenüberliegenden Sehnerven gehen oder zu dem derfelben Seite. Da fie zu einem Bündel vereinigt find, halte ich letzteres für wahrfcheinlicher.

Beim Hund wurden wie beim Kaninchen wagerechte Schnitte durch das Chiasma gelegt und 7—8 mm weit von dem Chiasma fenkrechte durch die Tractus. Bei allen wagerechten Schnitten (Fig. 6) zeigt fich der Sehnerv des ausgefchnittenen Auges faft ganz entartet (n o d) in feinen Nervenfafern, nicht in feiner Maffe gefchwunden. Vom linken Tractus (t o s) geht eine Anzahl Fafern (f d) zur inneren Seite des gleichnamigen Sehnerven (n o s); es fcheint auch nicht, daß diefelben fich noch nachträglich zum entgegengefetzten Sehnerven zurückwenden. In der entgegengefetzten Hälfte des Chiasma, d. h. der dem entarteten Sehnerven (n o d) entfprechenden, findet man in ihrem oberen, inneren Theil einen fichtbar entarteten Bereich (f d), deffen Fafern

den inneren Winkel des Chiasma berührend fich zum gleichnamigen Tractus zurückwenden. Der entartete Theil diefer Seite entfpricht genau jenem Faferbündel, das auf der anderen Seite in den gleichnamigen Sehnerven übergeht. Dies ift Alles, was in wagerechten Schnitten für eine Halbkreuzung fprach.

Ziehen wir in Betracht, wie verwickelt der Verlauf der Fafern im Chiasma ift, fo kann dies alles nicht als beweifend angefehen werden. Aber der Befund der fenkrechten Durchfchnitte durch beide Tractus kommt ihm fehr zu Hülfe. Abbildung 7 t o s ftellt den Tractus auf der dem ausgenommenen Auge entgegengefetzten Seite dar. In feinem oberen und unteren Theil ift ein breiter Streif, dem Nervenfafern faft vollftändig fehlen, in feiner Mitte hingegen find die Nervenfafern zahlreicher und dichter gedrängt als im gewöhnlichen Zuftand.

Der dem ausgenommenen Auge gleichnamige Tractus Fig. 8, t o d ift ungefähr ebenfo ftark, aber viel faferreicher; hier find im mittleren Theil die Fafern weniger zahlreich als in dem unteren und oberen Theil. Vergleicht man diefen Befund mit dem Ergebniß der wagerechten Schnitte, fo kommt man zum Schluß, daß in dem Tractus ebenfo wie im Chiasma die ungekreuzten Fafern weniger zahlreich find als die gekreuzten.

Beim Menfchen zeigen die wagerechten Schnitte durch das Chiasma, daß der rechte Sehnerv (Fig. 9, n o d) bis zum Chiasma hinauf in einen gelblichen, faferigen Strang mit fpärlichen Blutgefäßen verwandelt ift. Die Bindegewebsfafern, aus denen er befteht, find gewunden und wellenförmig in ihrem Verlauf. In keinem der Präparate waren auch nur Spuren von Nervenfafern ausfindig zu machen.

In eben diefer Abbildung bemerkt man rechts im Chiasma Fafern, die von der gleichen Seite kommen (t o d) und die, zum Sehnerven gelangt, fich in Schlingen (f e) anordnen, welche mit ihrer convexen Seite gegen den Sehnerven hinfchauen. Zwifchen diefen und dem anliegenden äußeren Winkel des Chiasma fieht man keine Kreuzung der Fafern.

Die Zahl der Fafern im mittleren und hinteren Bereich des Chiasma ift eine fehr geringe; fehr ausgefprochen ift diefe Armuth an Fafern in einem Bereich, der in der Abbildung links oben ift. Dort wo der linke Sehnerv in das Chiasma eintritt (n o s), fieht man zahlreiche quer verlaufende Fafern, die fchlingenförmig in den Sehnerven in feiner äußeren Hälfte hineinragen; fie fehlen in feiner inneren Hälfte. Dagegen zeigt fich, wie im normalen Zuftand, eine deutliche Faferkreuzung im äußeren Winkel (f d).

In beiden Tractus findet man unverkennbaren Schwund von Sehnervenfafern. In dem, der Seite des herausgenommenen Auges gleichnamigen, Tractus (Fig. 10, t o d) findet man, daß der Schwund den Theil der Fafern vollkommen ergriffen hat, der im hinterften Abfchnitt verläuft; etwas weniger ergriffen find die in der Mitte verlaufenden. Man hat hier alfo Schwund der Fafern im mittleren und hinteren Theil. Im anderen Tractus (Fig. 11, t o s) hat man deutlichen Schwund der Fafern in einem Bereich an der Außenfeite, der die mittleren und oberen Theile halbmondförmig umgreift. Die hinteren und inneren Fafern find nicht ergriffen. Man erkennt alfo an diefem Bereich zweierlei Stellen: die eine außen, unten verlaufende ift ganz ohne Nervenfafern, die andere obere enthält deren noch eine ganze Anzahl, wenn auch wenige im Verhältniß zum mittleren Theil. So verläuft das ungekreuzte Bündel in der Mitte jedes Tractus und in feinem hinteren Abfchnitt, das gekreuzte Bündel umgiebt jenes halbmondförmig, feine convexe Seite nach außen gewendet. Diefer Befund ftimmt ganz mit den Beobachtungen *Purtfcher's* überein, fowohl in Bezug auf den Verlauf der entarteten Fafern, als auf die mit unbewaffnetem Auge fichtbaren Veränderungen am Tractus. Auch in *Purtfcher's* Fällen war der, der Atrophie entfprechende, Tractus mehr von oben nach unten abgeflacht, der andere in der Richtung von vorn nach hinten, alfo rundlicher[1]). Dies erklärt die befonderen Verhältniffe an dem

[1]) *Purtfcher,* loc. cit.

oben befchriebenen atrophifchen Chiasma des Menfchen. Die Faferverflechtung im äußeren linken Winkel (Fig. 9, f d) entfpricht der Kreuzung der ungekreuzt verlaufenden Fafern der einen Seite mit den Fafern des anderen Tractus und mit einem Theil der fchlingenförmig verlaufenden Fafern der gleichen Seite. Im rechten äußeren Winkel fehlt diefe Verflechtung wegen des Schwunds des ungekreuzt verlaufenden Bündels. Links find die Schlingen nicht nachweisbar, weil zum entarteten Nerven gehörig, während rechts allein fie fichtbar find (f c), weil fie dort aus dem gefunden Sehnerven der anderen Seite ftammen (n o s). Zieht man nun in Betracht, daß beide Tractus theilweife Entartung zeigten, fowohl mit bloßem Auge wie mikrofkopifch, fo muß man fchließen, daß wahrfcheinlich beim Menfchen der Sehnerv in dem Chiasma eine Theilung in zwei gleiche Theile erfährt.

Ich bin der Anficht, daß man bei Unterfuchung des Baus des Chiasma fich nicht auf die wagerechten Schnitte durch das Chiasma felbft befchränken darf, fondern auch Querfchnitte durch die Tractus zu Hülfe nehmen muß, und ich wundere mich, daß *Michel* diese Unterfuchung unterlaffen hat.

In dem gefunden Chiasma gehen die von einem Tractus zum entgegengefetzten Sehnerven verlaufenden Fafern, das gekreuzte Bündel, fchlingenförmig gegen den vorderen Winkel hin. Hier begegnen ihnen die Fasern des anderen gekreuzten Bündels. Die vorderften Fafern diefer beiden gekreuzten Bündel umftricken fich bajonettförmig. Wegen diefer wirren Verflechtung wird der vordere Winkel des Chiasma von einem dicken Strang in mannigfachfter Richtung verlaufender Fafern gebildet. In den wagerecht geführten Schnitten fcheint diefer Abfchnitt des Chiasma aus einem befonderen Bündel zu beftehen; in Zerfaferungspräparaten ftößt man hier auf ein unentwirrbares Gewebe, das fich leicht aus der Umgebung als ein Ganzes ablöft. *Stilling* deutete dasfelbe unrichtiger Weife als ein vorderes queres Verbindungsbündel, das von fchlingenförmigen Fafern gebildet fein follte, welche von einem Sehnerven zum anderen gehen würden.

In beiden äußeren Winkeln findet man am gefunden Chiasma eine Verflchtung von Fafern, die zum großen Theil aus dem gleichfeitigen Tractus ftammen. Nun ift man berechtigt anzunehmen, daß diefes die Fafern des ungekreuzten Bündels find, von denen eine Anzahl wie beim Hund (Fig. 6, f d) zum inneren Winkel der Sehnervenkreuzung hingehen, um dann auf der inneren Seite des Sehnerven weiter zu verlaufen.

Es ift merkwürdig, daß *Stilling* in feiner Abbildung 4, Tafel II, die ein Zerfaferungspräparat darftellt, die gekreuzten Fafern geradlinig von einer Seite zur anderen verlaufen läßt. So find auch die ungekreuzten Fafern als ein Bündel parallel verlaufender Fafern im äußeren Theil des Chiasma abgebildet. Die Schnitte nach *Weigert*'s Methode geben aber wefentlich andere Bilder. Jedenfalls ergiebt fich aus ihnen ganz klar, daß die gekreuzten Fafern die vorderen und hinteren Winkel des Chiasma einnehmen, die ungekreuzten hingegen die äußeren Winkel; diefe fchließen aber noch jene gekreuzten Fafern zwifchen fich ein, welche den befchriebenen fchlingenförmigen Verlauf nehmen und die vorderften Bündel bilden, die von einem Tractus zum entgegengefetzten Sehnerven gehen. Diefe befondere Faferanordnung erklärt, wie Entartungsherde im Chiasma ihren Bau nie aufzuklären vermochten.

Es geht aus diefen mikrofkopifchen und makrofkopifchen Unterfuchungen nicht hervor, ob wirklich jeder Tractus gerade die Hälfte der Fafern von je einem Sehnerven bekommt. Aber man kann mit Sicherheit darauf fchließen, wenn man in Betracht zieht, welche Störungen der Thätigkeit die Vernichtung eines der beiden Tractus zur Folge hat.

Hirfchberg[1]) führt folgenden Fall an: Ausfall der rechten Gefichtsfeldshälfte. Grenze des Gefichtsfelds fenkrecht durch die Mitte beiderfeits. — Leichenbefund: Sarcom im linken Stirnlappen. Druckfchwund des linken Tractus.

---

[1]) *Hirfchberg*, Virch. Arch. LXV.

(*Gowers*[1]): Ausfall der linken Geſichtsfeldhälfte. — Leichenbefund: Geſchwulſt des Temporo-Sphenoidallappens rechts mit Ergriffenſein des Tractus, der bis nahe an die Sehnervenkreuzung im Schwund begriffen war.

Der Tractus opticus theilt ſich in der Nähe des äußeren Kniehöckers in zwei Wurzeln, die ſteil aufſteigen, die eine um auf den äußeren Kniehöcker und das Kiſſen überzugehen, die andere auf den inneren Kniehöcker und auf die Vierhügel. Erſtere Wurzel läßt ſich zum Kiſſen hin verfolgen. Nach *Huguenin*[2]) gelangen die Faſern oberhalb des äußeren Kniehöckers zum Sehhügel und ſtrahlen im stratum zonale aus; unterhalb des Kniehöckers gehen ſie zum Kiſſen, wo ſie mit den Strahlenfaſern des Sehhügels verlaufen. Die andere Wurzel des Tractus geht durch den inneren Kniehöcker und längs des vorderen Verbindungsarms der grauen Maſſe der corpora bigemina anteriora. Dieſe Wurzel hat eine geringere Stärke als die erſte. Es ſcheint, daß ſie aus dem inneren Kniehöcker zu den corpora bigemina hin mit weniger Faſern austritt, als ſie vom Tractus her mitgebracht. *Meynert* nimmt an, und *Huguenin* ſtimmt ihm darin bei, daß die innere Wurzel der Sehnerven von dem inneren Kniehöcker auch zu den corpora bigemina posteriora hin Faſern ſchicke.

Die Faſern, die im Sehhügel aus einander ſtrahlen, gehen nach *Huguenin* zum hinterſten Kern desſelben, dem ſogenannten centrum medianum von *Luys*, und laufen in gleicher Richtung mit einer Anzahl Faſern, die vom Strahlenkranz ſtammen und von denen einige in dieſen Kern des Sehhügels einlaufen. Dieſe beiden Faſerordnungen kommen quer zu anderen weißen Nervenfaſern zu liegen, welche durch die Brücke hinabziehen. Die gegenſeitige Durchkreuzung der Sehfaſern und derjenigen des Strahlenkranzes mit den Zügen der Faſern der lamina medullaris iſt ſehr bemerkenswerth. Zwiſchen dieſen Faſern liegen graue Maſſen des Sehhügels, die reich an Zellen mit vielen Fortſätzen ſind. In dieſer

[1]) *Gowers*, Cent. f. m. W. 1878.

[2]) *Huguenin*, Allgem. Pathol. der Krankh. des Nervensystems. 1877.

befonderen Anordnung, glaubt *Huguenin*, werde die Verbindung der Fafern des Sehnerven durch die Strahlenkranzfafern mit der Rinde des Hinterhauptlappens und durch andere Fafern mit der Brücke und dem Rückenmark hergeftellt. Nach *Huguenin* enthalten auch die hinteren corpora bigemina Wurzelfafern des Sehnerven: diefelben follen einerfeits zum inneren Kniehöcker ziehen, andererfeits fich mit den obengenannten Fafern des Strahlenkranzes und des Kiffens vereinigen.

Stilling, welcher der makrofkopifchen Unterfuchung und der Darftellung durch Zerfaferung großen Werth beilegte, befchrieb eine neue Wurzel des Sehnerven. Vom Tractus fpaltet fich unterhalb des äußeren Kniehöckers die dickfte Wurzel ab, diefe fenkt fich in den Hirnfchenkel. Sie enthält Verbindungsfafern, fowie gekreuzte und ungekreuzte Fafern. *Stilling* bezeichnet diefe Wurzel als die abfteigende; fie befteht aus zwei Bündeln, einem ftärkeren, mindeftens 2 cm. langen, das zur unteren Olive geht, und einem anderen, das zur Brücke zum Ganglion von *Luys* hinzieht. Eine zweite kleine Wurzel, welche getrennt von der vorigen aus dem Tractus kommt, wurde von *Stilling* noch außerdem befchrieben. *Schwalbe* glaubt, daß diefe neuen *Stilling*'fchen Wurzeln das Gleiche feien wie die *Meynert*'fchen Fafern, die man für eine quere Verbindung zwifchen den Sehhügeln und den inneren Kniehöckern hält. Schon *Meynert* hatte ja feine Verbindungsfafern bis zu den Wurzeln der Oliven verfolgen können. Sowohl *Luys* als *Meynert* hatten Wurzelfafern befchrieben, welche zum hinterften Kern des Sehhügels liefen. Ihnen ftimmt *Nothnagel* in Allem bei, welcher der Anficht ift, daß eine Verletzung der tiefen Theile der Hirnfchenkel keinen Einfluß auf die Sehfähigkeit habe.

Ich kann nach meinen Unterfuchungen *Stilling*'s Anfchauung nicht beipflichten. Das Ausfehen bei unbewaffnetem Auge kann freilich zu folch einer Täufchung führen, denn in einem Längsfchnitt durch den Tractus unter der Brücke könnte man wirklich glauben, daß er eine Anzahl Fafern in letztere hineinfchickt, ganz wie es die Abbildungen Tafel IX, 1 2 4, bei *Stilling* darftellen;

aber feine Schnitte, nach *Weigert*'s Methode behandelt, zeigen ganz deutlich (Fig. 12), daß diefe Faferbündel, welche die Hirnfchenkel durchkreuzen, nicht zum Tractus (t o) gehören, fondern hauptfächlich aus Bindegewebszügen beftehen. Die wenigen darin enthaltenen Nervenfafern haben eine andere Richtung. Wie man auch die Schnitte führen mag, fo fieht man doch immer deutlich, daß der Tractus (t o), wo er in der Nähe der Hirnfchenkel hinzieht, feine Fafern durchweg in einem feften Bündel vereinigt behält. Etwas vor dem äußeren Kniehöcker (c g e), wo *Stilling* das ftarke Bündel, das um den Hirnfchenkel fich herumfchlagend nach hinten zieht, aus dem Tractus entfpringen fehen wollte, konnte ich einen folchen Zufammenhang nicht beftätigen. Das Bündel befteht allerdings, ift aber faft rein bindegewebig: die wenigen Nervenfafern, die es enthält, ftammen nicht aus dem Sehnerven. In dichter Nähe beim äußeren Kniehöcker beginnt der Tractus in feinem innerften Theil auseinander zu fafern, und die Fafern nehmen hier eine Richtung nach innen, ganz anders als es der Fall fein müßte, wenn fie zum innerften, unteren Theil des inneren Kniehöckers ziehen follten. Im inneren unteren Theil des äußeren Kniehöckers finden fich ftrahlenförmig von innen nach außen auseinander gehende Fafern. Man muß daraus fchließen, daß die innerften Fafern der Wurzel, die zum äußeren Kniehöcker gehen, fchlingenförmig verlaufen, mit der Convexität des Bogens nach außen, und daß die nach anderen Seiten abgehenden Fafern des Sehnerven diefen Verlauf nehmen. Es war nicht möglich, alle diefe Einzelheiten in der kleinen Abbildung Nr. 12 wiederzugeben. Dort wo der Tractus fich vom Hirnfchenkel ablöft, unterhalb der Wurzel f o, die zum äußeren Kniehöcker geht, fieht man Fafern, welche fich in den Hirnfchenkel einfenken, die aber nicht zum Sehnerven gehören (Fig. 12, f). Wo die Fafern des Tractus fich von einander fcheiden, in der Wurzel zu den Kniehöckern, löfen fich Fafern (f l) ab, welche für fich längs des Hirnfchenkels ziehen, ohne fich aber in denfelben einzufenken; fie liegen in der Maffe des Sehhügels und fcheinen zum *Luys*'fchen Kern zu gehen; ich habe

ſie freilich nicht im Zuſammenhang bis dorthin verfolgt, habe aber weiterhin Faſern gefunden, die ich mir nur als Fortſetzung derſelben zu deuten wußte. Einige derſelben biegen um, um ſich einem Zug Sehnervenfaſern anzuſchließen, den ich ſpäter näher beſchreiben werde und der am Fuß des inneren Kniehöckers liegt. Das Bündel der Sehnervenwurzel, das ſich in den hinteren Theil des Sehhügels verliert, iſt äußerſt zart; es entſpricht in ſeiner Stärke etwa dem *Meynert'*ſchen Commiſſurbündel. Seine Faſern verlaufen nicht in einem einfachen Bündel, ſondern in kleinen Einzelbündeln von verſchiedener Dicke. Ich konnte nicht mit Beſtimmtheit nachweiſen, ob dieſe Faſern wirklich dem *Meynert'*ſchen Bündel entſprechen und glaube, daß dies beim Menſchen überhaupt ſehr ſchwer ſein dürfte.

Jene Wurzel des Sehnerven (Fig. 12, f o), die ſich zum äußeren Kniehöcker begiebt, ſchickt Faſern in das Innere dieſes Ganglions, welche dort zu endigen ſcheinen. Auf der Oberfläche ſeines oberen Abſchnitts ſieht man reichlich Faſermaſchen, die mit denen in Zuſammenhang ſtehen, welche ſich in der oberflächlichen Schicht des Kiſſens finden und welche die unmittelbare Fortſetzung der Sehnervenfaſern ſind. Ich habe mich ganz beſonders bemüht, die Verbindungen, welche das Kiſſen durch Sehnervenfaſern mit anderen Abtheilungen eingeht, zu unterſuchen. Ich konnte dabei mit Sicherheit feſtſtellen, daß eine Anzahl Faſern vom hinteren Theil des Kiſſens nach rückwärts zum inneren Kniehöcker ziehen; in der Nähe des Fußes desſelben angelangt, treten ſie in Verbindung mit Faſerbündeln, die aus demſelben austreten. Die Vereinigung findet etwas vor und unterhalb des inneren Kniehöckers ſtatt, wo ſich verſchiedene Haufen von Nervenzellen finden. Dieſes Faſerbündel geht in der Richtung nach hinten und unten in die Tiefe. Zu demſelben hin zieht ein Theil jenes zarten Bündels, das wir auf der oberen Fläche des Hirnſchenkels gegen das *Luys'*ſche Ganglion hatten verlaufen ſehen. Offenbar bilden dieſe Bündel, die vom vorderen Theil des ſeitlichen Kniehöckers und vom hinteren Theil des Sehhügels ſtammen, wenigſtens einen Theil jener Wurzeln des Seh-

nerven, welche *Huguenin* in den laminae medullares mit den Strahlenkranzfafern fich kreuzen läßt.

Beachtet man, daß *Meynert* einige Fafern feines queren Verbindungsbündels bis zur Olive hinab hat verfolgen können, und daß eine Anzahl Fafern des *Meynert'*fchen Bündels zum befchriebenen Plexus zu gehen fcheinen, fo gewinnt diefer die größte Bedeutung, denn in ihm vereinigen fich die Fafern, welche von den großen Sehganglien zum Rückenmark und zu den *Gratiolet'*fchen Bündeln des Strahlenkranzes hinziehen. Auf dem Kiffen und dem äußeren und inneren Knichöcker breitet fich ein Netz von Endfaferungen des Sehnerven aus, fo daß man zur Annahme berechtigt ift, daß alle Theile der Sehganglien nicht nur in einer wechfelfeitigen Verbindung untereinander ftehen, fondern auch mit jedem Bündel und jeder centralen Wurzel der Sehnervenfafern verbunden find.

Diefer Befund ftimmt ganz und gar zu den Veränderungserfcheinungen, die ich in den Sehganglien des Hirnftamms in dem befchriebenen Fall von Schwund beider Sehnerventractus beobachten konnte. Diefe Veränderungen erfchienen dem unbewaffneten Auge als kaum merklicher Schwund der inneren oder äußeren Kniehöcker (Fig. 5, c g e), und ftarker Schwund der hinteren Fläche der Sehhügel und der Vierhügel. In der Abbildung 5 giebt fich der Schwund des Kiffens (p u) hauptfächlich durch die Art, wie der Sehhügel nach vorn gedrängt ift, fo daß der innere Kniehöcker (c g e) ganz frei liegt, zu erkennen. Mikrofkopifch erkannte man eine Verminderung der centralften Fafern beider äußeren Kniehöcker. Die Nervenzellen in diefen waren verkleinert und vielfach ganz gefchwunden. Nach *Weigert's* Methode unterfucht, zeigten fie fich hier und da als unförmliche Maffen, an denen die Veränderungen im Feineren fchwer zu unterfcheiden waren[1]). Die oberflächlichften Zellen der hinteren Theile des Seh-

[1]) Aus dem Anblick bei unbewaffnetem Auge hatte man nicht auf den Schwund fo vieler Zellen fchließen können, da die äußeren Kniehöcker im Umfang kaum verloren zu haben fchienen, und ich muß *Michel* durchaus bei-

hügels waren hier und dort geſchwunden, ihre Zahl verringert. Die Endmaſchen der Sehnervenfaſern auf dem Mantel des Sehhügels auch ſpärlicher.

Im inneren Kniehöcker vermochte ich keine Entartung zu erkennen. Die Vierhügel konnte ich nicht daraufhin unterſuchen, da ich dieſelben zu anderem Zwecke brauchte. Mit unbewaffnetem Auge betrachtet ſcheinen ſie etwas geſchwunden zu ſein. In Abbildung 3 erkennt man den Schwund des Warzenhöckers auf der dem geſchwundenen Nerven entſprechenden Seite. Die Faſern, die vom tuber cinereum zum Chiasma gehen, ſah ich wie *Scheel* geſchwunden. Die aus dieſem ſtammenden Faſern gehen zur gleichnamigen Seite des Chiasma, indem ſie ſich mit den Faſern des *Gudden*'ſchen Verbindungsſtrangs durchweben. Wahrſcheinlich nehmen ſie Theil an der Bildung des ungekreuzten Bündels. In Abbildung 9 ſieht man dieſe Durchwebung nur auf der Seite des geſunden Sehnerven.

Andere Unterſucher konnten bei Schwund der tractus des Sehnerven die gleichen Veränderungen an den Sehganglien feſtſtellen.

Schüle[1]) ſah bei Schwund des rechten Sehnerven die ganze linke Hälfte der Vierhügel mitſammt dem Sehhügel entartet.

Mandach[2]) fand bei aufſteigender Entartung des rechten tractus Schwund des äußeren Kniehöckers rechts und der vorderen Hälfte der Vierhügel.

Gudden ſah auch Schwund der hinteren.

Huguenin fand bei einer ſeit fünfzig Jahren auf dem linken Auge blind geweſenen Frau Schwund des linken Sehnerven, des linken äußeren Kniehöckers, der Vierhügel links und des linken Sehhügels.

ſtimmen, wenn er ſagt, daß das makroſkopiſch unveränderte Ausſehen eines Theils noch nicht eine Entartung ſeiner Beſtandtheile ausſchließe, weder ſeiner Nervenzellen, noch ſeiner Nervenfaſern.

1) *Schüle*, *Nagel*'s Jahresb. 1870.

2) *Mandach*, *Virch.* Arch. LVII.

Chrurelier u. Lelut[1]) ſahen in vielen Fällen, daß ſich die Entartung des Sehnerven über den äußeren Kniehöcker hinauf erſtreckte. Auch *Prévost*[2]) und *Samuelsohn*[3]) geben ähnliche Mittheilungen.

Leber[4]) fand in vielen Fällen von aufſteigender Entartung des Sehnerven amyloide Körperchen im äußeren Kniehöcker und auch im Mantel des Sehhügels.

Forel[5]), *Gudden*[6]) und Andere fanden bei Schwund beider tractus beim Hunde Schwund der äußeren Kniehöcker, der Vierhügel, des Kiſſens.

Tartuferi[7]) fand bei Schwund der tractus optici bei Kaninchen weder im hinteren Kniehöcker, noch im hinteren Theil des Sehhügels, noch auch im vorderen Kniehöcker irgend welche Entartung der Faſern, die dieſen Bereichen angehören, dagegen waren die Faſerzüge des grauen Mantels der vorderen Vierhügel geſchwunden, und er legte denſelben darum eine Bedeutung für die Sehempfindung bei, während er den Vierhügeln und den eminentiae thalamo-geniculatae eine Bedeutung für die optiſchen Vorgänge zuſchreibt und ſie für Reflexcentren hält. Die Sehfaſern fand *Tartuferi* eben in jenen Faſern, die wie die Sehnerven verlaufen, die optiſchen ſollen nicht in den Sehnerven gehen, ſondern den oberen, hinteren Theil des Chiasma bilden als Verbindungsfaſern (Commiſsur). Ich habe weiter beſchrieben, wie die optiſchen Faſern *Tartuferi*'s beim Menſchen im medialen Kniehöcker ſich den Sehfaſern anſchließen. *Tartuferi* iſt der Anſicht, daß die optiſchen Faſern mit der Maſſe des tuber cinereum in Verbindung treten und meine Beobachtungen können dies vollkommen beſtätigen. Ebenſo bin ich geneigt, auch den von *Tartuferi* als optiſch bezeichneten Faſern

---

1) Mitgetheilt von *Longet*, Anat. physiol. du syst. nerv., 1842.
2) *Prevost*, Arch. de physiol. norm. et pathol.
3) *Samuelsohn*, Berl. Klin. W., 1880.
4) *Graefe*, und *Saemiſch* V.
5) *Forel*, *Nagel*'s Jahresbericht., 1881.
6) *Gudden*, A. f. O. XXV.
7) *Tartuferi*, Contributo anatomico sperimentale alla conoscenza del tratto ottico, Torino, 1881.

eine Theilnahme an den Veränderungen bei Schwund der Sehnerven zuzufprechen. Sie feheinen mir auf der Seite des erkrankten Sehnerven an Maffe abzunehmen.

Die Unterfuchungen von *Meynert*[1]) beftätigen das Vorhandensein der von *Tartuferi* befchriebenen Fafern in den Vierhügeln des Menfehen. Beim Menfchen wird jedoch einem Theil derfelben eine optifche Function zugefchrieben; *Meynert* befchreibt nämlich eine Ordnung von Bündeln in dem vorderen Vierhügelpaar, welche die ganze Kernmaffe des Sehnerven mit den Urfprungskernen der Muskelnerven des Auges verbinden. Vom Kern des Oculomotorius und des Trochlearis ftrahlen einige Fafern nach oben gegen die vorderen Vierhügel aus. Diefelben bilden mit den Zellen, mit denen fie in Verbindung ftehen, ein Reflexcentrum für die Bewegungen der äußeren und inneren Augenmuskeln.

Schiff[2]), *Longet* und *Flourens*[3]) fahen bei elektrifeher Reizung der Vierhügel, fowohl des hinteren Theils der vorderen als der hinteren, Bewegung der Regenbogenhaut, fowie des ganzen Augapfels beiderfeits. *Longet*, *Magendie* und *Schiff* fahen bei Reizung des Sehhügels mit dem elektrifehen Strom keinerlei Bewegung am Auge.

Aus den angeführten Verfuchen ergiebt fich, daß das Kiffen keinerlei optifche Bedeutung hat, wenigftens für die Bewegungen des Augapfels. Dagegen fprechen einige Krankheitsfälle für eine Bedeutung derfelben für die Sehempfindung.

Fall von *Hughlings-Jackfon*[4]): Laterale linksfeitige Halbblindheit bei einem 75jährigen Mann in Folge von Apoplexie. Der Leichenbefund ergab eine Höhle im hinteren Theil des Sehhügels, fein Gewebe zeigte fich beim Durchfchneiden etwas erweicht, namentlich im hinteren Theil; das Kiffen war zerftört, aber die Erweichung ging nicht über den Sehhügel hinaus, deffen vorderer Theil fogar noch ganz unverfehrt war.

---

[1]) *Meynert, Nagel's* Jahresb., 1877.
[2]) *Schiff,* Lehrb. d. Phyfiol. d. Menfch. I.
[3]) *Longet, Flourens,* Sur les propriétés et les fonct. du Syst. nerv.
[4]) *Hughlings-Jackson,* The Lancet, 1874.

Fall von *Pflüger*[1]): Halbblindheit links bei einem 62jährigen Mann. Die Grenze der Blindheit ging durch die Mitte des deutlichften Sehens. Der Leichenbefund ergab einen Blutungsherd von der Größe eines kleinen Apfels im rechten Streifenkörper und im unteren Theil des rechten Sehhügels. Andere Beobachtungen am Krankenbett ftimmen mit diefen Befunden überein.

Die Verhältniffe des Baues der optifchen Wege beim Menfchen erlauben nicht, die Deutung ihrer Lebenseigenfchaften, die man den entfprechenden Theilen beim Kaninchen giebt, einfach auf den Menfchen zu übertragen, d. h. zwei in ihrer Thätigkeit fcharf getrennte Abtheilungen anzunehmen, indem man dem Sehhügel und dem lateralen Kniehöcker eine «optifche», den Vierhügeln aber eine «vifive» Bedeutung zuerkennt.

Beim Schwund der tractus des Sehnerven beim Menfchen fchwinden mit den Vierhügeln zugleich das Kiffen und der äußere Kniehöcker. Auch verlegen *Meynert* und andere Unterfucher die Verbindungsbahnen zwifchen den optifchen Erfolgen und den vifiven Reizen unterhalb der Vierhügel. Die befonderen Verbindungen, welche die Sehcentren des Mittelhirns durch die Sehnervenfafern untereinander eingehen, fcheinen mir für die Annahme zu fprechen, daß jedes Nervenfaferbündel und jedes Fafernetz, welches in Zufammenhang mit den Ganglien fteht, von gleich großer Bedeutung für das Sehen fei. Findet man irgendwo eine Verkettung von Sehfafern mit Fafern, welche eine zu optifchen Zwecken erfolgende Bewegung vermitteln, fo fagt dies noch nicht, daß jener Bereich, wo diefe Verbindung ftattfindet, nur der Vermittlung des optifchen Erfolges diene. Ich fpreche demnach dem Kiffen, wie den Vierhügeln und den Kniehöckern, die gleichen Eigenfchaften und den gleichen Grad der Wirkungsfähigkeit zu. Auch die Zellen des Kiffens und der Kniehöcker nehmen an der Erregung Theil, die durch den Lichtreiz im Centrum der Pupillarbewegung hervorgerufen wird, d. h. in jenem Centrum, welches unter den Vierhügeln liegt.

---

[1]) *Pflüger*, Bericht über die Berner Augen-Klinik.

Das Zuſammenwirken von Kiſſen, Kniehöcker und Vierhügeln ergiebt ſich auch aus den Erſcheinungen bei Herdzerſtörung in nur einem dieſer Theile; dann treten nicht nur beſchränkte Faſerbezirke außer Thätigkeit, ſondern alle, die mit den Sehganglien in Verbindung ſtehen; es entſteht Halbblindheit auf der gleichnamigen Seite. Dies zeigen die oben ſchon angeführten Fälle von *Pflüger* und *Jackſon*[1]).

DRITTER THEIL.

Die Sehfähigkeiten der Hirnrinde bei den höheren Wirbelthieren.

Erſter Abſchnitt.

Begriff des cerebralen Sehens. — Verſchiedene Anſichten über die Lehre der Localiſationen. — 1. Iſt der Vorgang des reinen Sehens und des ſeeliſchen Sehens bei den höheren Wirbelthieren eine functionelle Aufgabe der Hirnrinde? — 2. Sind die Sehſtörungen bei Zerſtörungen im Gehirn immer Folge von Verletzung von Theilen, die dem Sehen dienen?

Das cerebrale Sehen ruft die Empfindung des Bildes des geſehenen Gegenſtands hervor und erweckt eine Reihe von Vorſtellungen und Urtheilen. Das erſtere, die Empfindung des Bildes, beſchränkt ſich auf den einfachen Vorgang der Wahrnehmung des Vorhandenſeins des geſehenen Gegenſtands; das übrige ſchließt einen ſeeliſchen Vorgang in ſich in der Erkennung und dem Schluß von dem Sehen des Gegenſtands auf ſeine Eigenſchaften. Das ſeeliſche Sehen iſt eine nur den Großhirnhalbkugeln der Säugethiere zukommende Fähigkeit. Die Thiere niederer Wirbelthierklaſſen ſehen wohl auch, aber das Bewußtſein des Bildes ruft

[1]) *Müller* (Berl. Klin. Wochenſchrift 1878) und *Bernhardt* (Berl. Klin. W. 1875) fanden bei Verletzungen im Linſenkern keine Halbblindheit durch Entartung der optiſchen Randbündel, ſondern gekreuzte Amblyopie mit bedeutender Herabſetzung der Sehſchärfe auf dem Auge der gleichen Seite. Dieſe Beobachtungen am Krankenbett können Bedeutung gewinnen, wenn ſie durch andere Fälle beſtätigt werden und wenn es gelingt, den Grund zu finden, warum dieſe Krankheitserſcheinungen ſo ganz von der allgemeinen Regel abweichen. Es iſt übrigens zu beachten, daß in den Fällen gleichnamiger äußerer Halbblindheit die Kranken nur für das Auge auf der dem Zerſtörungsheerde im Hirn entgegengeſetzten Seite Sehſtörungen angeben.

bei ihnen nur eine Reihe von Reflexvorgängen hervor, durch deren Vermittlung ihnen eben diefe Sehempfindungen Nutzen bringen.

Einige Urtheile über das Gefehene find rein fubjectiv und folgen, mehr als befonderen Eindrücken, der Erinnerung und anderen Urtheilen, fei es inftinktiven, fei es erworbenen, aus der Erfahrung gezogenen (Raumfinn). So ift das Ausfallen der Fähigkeit eine beftimmte Bildart richtig zu deuten, wie z. B. bei der Alexie die Unmöglichkeit Buchftaben zu erkennen, unabhängig von den Vorgängen des reinen Sehens, aber die Folge des Unvermögens feelifcher Wahrnehmung. So ift die Fähigkeit des feelifchen Sehens eine um fo höher ausgebildete, je mehr der Vorgang, aus dem fich derfelbe ergiebt, mit den anderen Sinnen in Verbindung tritt. Es ift ein Irrthum zu glauben, das Ergebniß des cerebralen Sehens fei bei allen Wirbelthierarten und den Säugethieren das gleiche, fo wie es auch ein Irrthum ift, jeglichen Vorgang beim Sehen nur in die Rindenmaffe der Gehirnhalbkugeln verlegen zu wollen.

In Folgendem gebe ich die Zufammenftellung der von den verfchiedenen Unterfuchern gemachten Beobachtungen, welche ich näher betrachten will.

Fritfch und *Hitzig* fanden 1870 die Erregbarkeit der Hirnrinde für den elektrifchen Strom und unterfchieden nach dem phyfiologifchen Verhalten zwei Bereiche an derfelben: den vorderen Bereich, dem die Bewegungen unterthan find, und den hinteren Bereich für die Empfindungen.

Die Entdeckung der Centren in der Hirnrinde für Bewegungen und Empfindungen in beftimmten abgegrenzten Bereichen zog die allgemeine Aufmerkfamkeit auf fich, umfomehr, als bedeutende Stimmen (*Longet*[1]), *Cuvier*, *Renzi*[2]), *Goltz*[3]), *Schiff*[4]) gegen die

---

[1]) *Longet*, a. a. O.

[2]) *Renzi*, Saggio di fisiologia sperimentale sui centri della vita psichica. Annali di medicina, vol. 187, 189. Milano, 1863.

[3]) *Goltz*, Beitr. zur Lehre von d. Funct. d. Nervencentra des Frosches. Berlin, 1869.

[4]) *Schiff*, Phyfiologie d. Nervenfyft. Bonn, 1859.

von *Flourens*[1]) ſich erhoben, welcher den Satz aufſtellte, daß jedweleher Theil der Hirnrinde zugleich Bewegungs-, Sinnes- und Empfindungseindrücke beherrſehe.

Hitzig war der erſte, weleher[2]) das Centrum für das Geſicht in der Rinde der Hinterhauptslappen beim Hunde begrenzte. Verletzungen in dieſem Bezirk haben Blindheit des Auges der entgegengeſetzten Seite mit Lähmungserweiterung der Pupille zur Folge.

Ferrier[3]) beſtätigte dieſe Befunde und ſtellte feſt, daß Reizung einer beſtimmten Stelle der Rinde des Hinterhauptlappens Bewegungen des Auges der entgegengeſetzten Seite, ſowie Veränderung der Weite der Pupille hervorrufe. Wird dieſer Bereich entfernt, ſo tritt Blindheit auf dem bezeiehneten Auge auf.

Die verſchiedenen Unterſucher, die ſich mit dieſer Frage beſchäftigt haben, traten bald für die eine, bald für die andere Anſicht ein. Für *Ferrier's* Anſchauung erklärten ſieh *Munk*[4]), *Dalton*[5]), *Luciani*, *Tamburini*[6]), *Charcot*, *Muſchold*[7]) und andere mehr. Auf der anderen Seite ſteht vor Allem *Goltz*[8]).

Munk begrenzt den Sitz des Sehens auf die Rinde der Hinterhauptlappen allein. Dieſes Centrum ſoll beide Augen beherrſchen. Verletzung eines Theils desſelben (A 1) ſoll vollkommene Blindheit der Faſern des gelben Flecks des Auges auf der entgegengeſetzten Seite zur Folge haben. Der gleiehe Bereich (A 1) beherrſehe auch das ſeeliſehe Sehen, ſo daß mit der eentralen Blindheit auch für längere oder kürzere Zeit Verluſt der Erinnerung des Bildes und

---

1) *Flourens,* Recherches experimentelles sur les propriétés et les fonctions du système nerveux. Paris, 1874.

2) *Hitzig,* Centralblatt für die Medic. Wiſſenſchaften, p. 548.

3) *Ferrier,* The functions of the Brain. London, 1876.

4) *Munk,* Ueber die centralen Organe für das Sehen und das Hören. Sitz. Preuß. Akad. d. Wiſſen. Berlin, 12. Juli 1883. — Ueber die Functionen der Groshirnrinde. Berlin, 1881.

5) *Dalton,* The medical Record, 1881.

6) *Luciani, Tamburini,* Riv. sper. di freniatria, 1879.

7) *Muſehold,* Das Sehcentrum bei Tauben. Diſſertation. Berlin, 1878.

8) *Goltz,* Ueber die Verrichtungen des Großhirns. *Pflüger,* Arch. Bonn, 1881.

des Urtheils über das Geſehene verknüpft iſt (Seelenblindheit). Zerſtörung aller Sehbereiche der Rinde führt zu dauernder, vollkommener Blindheit (Rinden-Blindheit). *Munk* und ſeine Schule dehnten ihre Unterſuchungen auch über niedere Thiere aus.

Blaschko [1]) beobachtete, daß der Froſch, wenn man die Großhirnhalbkugeln abträgt, noch Scheindrücke aufnimmt, im Gedächtniß hält und bei ſeinen Bewegungen verwerthet; er ſchloß, daß dieſe Thiere gewöhnlich auch kein feineres Geſicht haben. Er machte Verſuche an Tauben und ſtellt für dieſe das Vorhandenſein von Centren des Sehens in der Rinde der Hinterhauptlappen feſt. Daß die Entfernung der Hinterhauptlappen bei dieſen Thieren nicht vollkommene Blindheit verurſacht, führt er auf die Unmöglichkeit zurück, die Sehbezirke vollſtändig herauszunehmen.

Je vollſtändiger es gelungen, dieſen Sehbezirk abzutragen, um ſo vollſtändiger iſt auch die Blindheit, um ſo eingeengter das Geſichtsfeld. Er ſucht die Erklärung für dieſen Unterſchied der Lebenseigenſchaften des Gehirns vom Froſch und der Taube in Folgendem: bei dem Froſch ſind die Sehhügel mit grauer Maſſe bekleidet und ſo können hier die Sehnervenfaſern ihr Ende finden, bei der Taube hingegen beſteht die Hülle des Sehhügels nur aus weißer Maſſe, und die graue Maſſe, in der die Sehnervenfaſern endigen, liegt in den Hinterhauptlappen.

Auch *Muschold* machte Unterſuchungen über das Sehcentrum bei den Tauben und ſah nach Wegnahme der Rindenmaſſe der Hinterhauptlappen vorübergehende Blindheit auf dem Auge der entgegengeſetzten Seite folgen.

Munk iſt der Anſicht, daß Tauben, denen man das Großhirn herausgenommen hat, die Fähigkeit zu ſehen vollſtändig verlieren und ſowohl phyſiſch als ſeelenblind werden. Er vertheidigt die Anſicht von *Flourens*, den er für den einzigen hält, dem es gelungen ſei, den Tauben das Gehirn wirklich vollſtändig herauszunehmen; er tritt den Behauptungen von *Brown-Séquard*, *Cuvier*, *Longet*, *Renzi*

---

1) *Blaschko*, Das Sehcentrum bei Fröſchen. Berliner Diſſertation. 1880.

entgegen, welche den Hirnhalbkugeln bei den Tauben einen fo weitreichenden Einfluß nicht zuerkennen, fondern das Centrum der Empfindungen im Mittelhirn fuchen, die Wahrnehmungen, den Willen und die Begriffsbildung aber in den Großhirnhalbkugeln.

Dalton fchließt fich an *Ferrier* an, indem er beim Hund das Sehcentrum für das Auge in den gyrus angularis der entgegengefetzten Seite verlegt.

Luciani und *Tamburini* trugen Stück für Stück in kleinen Theilchen die Rinde der verfchiedenen Bereiche an den Hirnhalbkugeln ab und fanden fo, daß auch Zerftörungen in dem fogenannten Bewegungs-Bezirk Störungen des Gefichtsfinnes zur Folge hatten. Demnach ift das Sehcentrum beim Hund nicht auf den Hinterlappen allein befchränkt, fondern erftreckt fich auch bis in die Stirnbereiche. Bei den Affen ift diefer Bezirk enger umgrenzt; außer der Rinde des Hinterhauptlappens umfaßt er nur noch die Angularwindung. Auch die einwärts gefaltete Rindenmaffe der Scheitelhinterhauptfurche gehört noch dem Sehbereiche an. *Luciani* und *Tamburini* waren die Erften, die darauf aufmerkfam machten, daß beim Hund und Affen fowohl die gekreuzten, wie die ungekreuzten Fafern eines Sehnerven nur mit einer Hirnhalbkugel in Verbindung ftehen. Die gekreuzten find die ftärkeren an Zahl. Auch geben diefe beiden Unterfucher den Mittelhirnganglien die Bedeutung von Centren der Sehempfindung und find der Anficht, daß diefelben nach Zerftörung der Centren in der Rindenmaffe diefe zum Theil wenigftens zu erfetzen im Stande fein.

Bianchi[1]) verlegt beim Hund das Sehcentrum in die ganze zweite Windung, einen Theil der erften und einen Theil der dritten; er bemerkt jedoch, die Grenzen feien keine fcharfen, Zerftörung diefes Bezirks führe zu dauernder Halbblindheit. Er meint: der vordere Theil der zweiten Windung diene der einfachen Farben- und Lichtempfindung; der mittlere Theil der Erkennung der Geftalt

[1]) *Bianchi*, Sulle compensazioni cerebrali della corteccia cerebrale. Napoli, 1883.

und der Größe; der hintere endlich bringe dieſe beiden Beſtandtheile des Sehens in Verbindung mit einander.

Hitzig[1]) hält daran feſt, daß Verletzungen der vorderen Lappen der Halbkugeln durch Unterbrechung des Zuſammenhangs zwiſchen vorderen Hirntheilen und dem Sitz des Sehens im Hinterhauptlappen zu Sehſtörungen führe. *Hitzig* hält die Rindenmaſſe der Stirntheile für die Gebilde des abſtracten Denkens; wird dieſe zerſtört, ſo treten Sehſtörungen auf durch Trübung der geiſtigen Vorſtellung. Hunde werden gedächtnißſchwach, ſelbſt bis zu dem Maaß, daß ſie eben erſt geſehenes Futter vergeſſen. Dieſe Störungen ſind aber nur vorübergehender Art. *Monakow*[2]) trug bei neugeborenen Katzen die *Munk*'schen Sehbezirke ab. Nach acht Wochen fand er Schwund des äußeren Knichöckers, des Kiſſens, der vorderen Vierhügel, der tract. optici. Er meint das gekreuzte Bündel im äußerſten Theil des Sehcentrums zu finden. Er erwähnt aber nicht, welches die Sehſtörungen waren, welche bei ſolchen Entartungen doch nicht gefehlt haben können. Einige ſeiner Verſuchsthiere lebten bis zu ſechs Monaten nach dieſem Eingriff.

Goltz erkennt keinen Bezirk der Hirnrinde des Hundes als einer beſtimmten Sehthätigkeit zugehörig an. Nach ihm erfolgen Sehſtörungen ſowohl nach Verletzungen des Hinterhauptlappens, als des Stirnlappens und des Scheitellappens. Er meint, der einzige Unterſchied zwiſchen den verſchiedenen Bereichen, auf denen ſich die ganze Localiſationslehre aufbaut, ſei der, daß bei Zerſtörungen in der vorderen Hälfte des Gehirns mehr die Ungeſchicktheit der Bewegungen und Abſtumpfung der Hautempfindung vorwalte, bei Zerſtörung hinterer Theile mehr der Ausfall oder die Abſtumpfung der ſpecifiſchen Sinne, insbeſondere des Geſichtsſinns. Es ſei dies auf das verſchiedene Maß der Verletzung der leitenden Hirnbahnen zu beziehen. Die Herabſetzung des Geſichtsſinns findet er an zwei Umſtände geknüpft, nämlich an eine geiſtige Sehſchwäche des Gehirns als Folge der weitgreifenden Zerſtörung als reine

[1]) *Hitzig*, Archiv für Pſychiatrie. Bd. XV. I.
[2]) *Monakow*, Archiv für Pſychiatrie. Bd. XIV. 1883.

Hemmungserſcheinung, oder die Abſtumpfung des Geſichtsſinns rürt her von einer vorübergehenden Thätigkeitsaufhebung durch Nebenwirkung, durch Umſichgreifen der Folgen der Verletzung. *Goltz* iſt der Anſicht, daß die ausgedehnteſten Verletzungen der Halbkugeln beim Hund nicht zu vollſtändiger Blindheit führen. Der Hund ſieht nach dem Eingriff ſo gut wie ein unbeſchädigter, aber er hat keine Einſicht in das, was auf ihn einwirkt, da ſein Verſtand abgeſtumpft iſt. Doch meint *Goltz*, der vordere Theil der Hirnhalbkugeln habe nicht die gleiche Bedeutung wie der hintere.

Loeb[1]) hat die einzelnen Verſuche von *Munk* wiederholt; er leugnet die Richtigkeit der Befunde *Munk's* durchaus. Ein Hund, dem der Bezirk A 1 herausgenommen worden, ſieht doch noch mit dem Auge der entgegengeſetzten Seite und zeigt auch keine Spur von Seelenblindheit. Demnach kann man die Sehcentren von *Munk*, *Luciani* und *Tamburini* entfernen, ohne daß eine ſolche Sehſtörung aufträte. *Loeb* ſah Störungen der Bewegungen und des Geſichtsſinns auf Verletzung der Hinterhauptlappen und Scheitellappen folgen; häufig führt die Verletzung der Hinterhauptlappen auch nur zu Störung des Geſichtsſinns. Er kommt zum Schluß, daß die neue Lehre von einem Sehcentrum in der Rindenmaſſe der Hinterhauptlappen darauf beſchränkt werden müſſe, daß bei Verletzung der Hinterhauptlappen die Sehſtörungen ſtärker ſind als die anderen Störungen.

Die ausgezeichnete Arbeit von *Luciani* und *Seppilli*[2]) beſtimmt die Lage des Sehcentrums genau und gewiſſenhaft. Es iſt unzweifelhaft, daß es dieſen Unterſuchern gelungen iſt in vielen Punkten die Frage endgültig zu löſen. Das Sehcentrum des Hundes liegt nach ihnen nicht nur in der Rinde der Hinterhauptlappen, ſondern dehnt ſich noch längs der zweiten äußeren Windung bis zum Stirnlappen hin aus. Bei den Affen umfaßt es außer dem Hinterhauptbezirk auch den gyrus angularis.

---

1) *Loeb*, Die Sehſtörung nach Verletzung der Großhirnrinde am Hunde. Inauguraldiss. Straßburg, 1884.

2) *Luciani* und *Seppilli*, Le localizzazioni funzionali del cervello. Napoli, 1885.

Die Theilnahme der Stirn- und Temporosphenoidallappen an der Bildung dieſes Bezirks erklären ſich *Luciani* und *Seppilli* ſo, daß dieſelben keinen weſentlichen Beſtandtheil, ſondern nur Ausläufer des Sehbezirks enthalten, während die Scheitel- und Hinterhauptlappen den Kern und weſentlichen Haupttheil dieſes Centrum bilden. Nach ihnen ſind die Rindencentren der Sehempfindung ſehr ausgedehnt. Das Sehcentrum nimmt mindeſtens zwei Drittel der Rindenoberfläche ein, liegt aber hauptſächlich auf den Hinterhautlappen. Faſt ebenſo ausgedehnt iſt der motoriſch-ſenſoriſche Bereich, der ſeinen Hauptſitz in der Umgebung der S-förmigen Windung hat. Der Bereich des Gehörs iſt enger begrenzt als die beiden ebengenannten und hat ſeinen Hauptſitz auf den Scheitellappen; der Bereich des Geruchs nimmt kaum ein Drittheil der Oberfläche der Scheitelgegend ein. Verletzung des vorderen Theiles des Sehbezirks führte zu vorübergehenden Sehſtörungen; Verletzung des hinteren Theils zu dauernden Störungen. Da nun aber dieſe beiden Unterſucher auch bei tieferen und ausgiebigeren Abtragungen der Hirnmaſſe, als *Munk* ſie vorgenommen, keine vollkommene Blindheit zu erzielen im Stande waren, ſo verwerfen ſie die Hauptſätze der früheren Lehre der Localiſation, die vollkommen umſchriebene, ſcharf begrenzte Centren annimmt, und bei deren Richtigkeit Zerſtörung der Hirnrinde vollkommenen Untergang der einzelnen Sinne nach ſich ziehen müßte. *Luciani* und *Seppilli* ſahen anfänglich vollſtändige Seelenblindheit auftreten, die dann allmälig wieder zu einer unvollſtändigen ſich zurückbildete, aber als ſolche dauernd beſtehen blieb, und ſchließen daraus, daß das Rinden-Sehcentrum die Sehempfindungen ſeeliſch ausarbeite, die roh und unverſtanden ſchon in den Mittelhirnganglien empfunden werden. Die Seelenblindheit wäre alſo das Ergebniß einer Herabſetzung der Thätigkeit des Rinden-Sehcentrums.

Chriſtiani[1]) nahm bei Kaninchen die Hirnhalbkugeln und den Sehhügel heraus und doch ſahen die Kaninchen auch ſo verſtüm-

[1]) *Christiani*, Bericht der kgl. Akad. der Wiſſ. Berlin, 1881 Febr. *Du Bois Reymond's* Arch., 1884.

melt nicht nur, fondern wußten die Sehempfindung auch zu verwerthen.

Couty[1]) konnte trotz feiner großen Menge von Unterfuchungen keinen gefetzmäßigen Zufammenhang zwifchen der Verletzung und der nachfolgenden Störung aufftellen. Er glaubt darum an keinerlei begrenzte Localifation in der Hirnrinde.

Die hieroben aufgezählten Anfichten laffen fich kurz fo zufammenfaffen. *Munk* und feine Anhänger nehmen für die Vögel und alle Säugethiere mit Einschluß des Menfchen eine und diefelbe Anordnung an; die Rindencentren follen das Monopol aller Sehthätigkeiten haben: Lichtempfindung, Farbenunterfcheidung, Erkennung der Geftalt, Sehgedächtniß. Letzteres, die Erinnerung für das Gefehene, foll ein eigenes Centrum für fich haben. Ift diefes untergegangen, fo fieht das Thier wohl noch, weiß aber das Gefehene nicht zu deuten. Dies Centrum foll aus einer Menge von Zellenhaufen zufammengefetzt fein, von welchen ein jeder der Erinnerung an einen beftimmten Gegenftand dient. Andere Unterfucher wollen diefe Anficht von beftimmter Localifation des Bewußtfeins nicht in folchem Umfang gelten laffen, andere vollends fetzen ihre Richtigkeit vollkommen in Zweifel. Doch ift zu bemerken, daß die *Goltz*'fche Schule nur nach Beobachtungen am Hunde urtheilt.

Nach dem heutigen Stand der Unterfuchungen dreht fich die Localifationsfrage um folgende drei Punkte:

1. Ift die reine und die feelifche Sehthätigkeit bei den verfchiedenen Arten von Wirbelthieren und allen Gattungen der Säugethiere wefentlich an die Hirnrinde gebunden?

2. Ift die Störung des Sehens bei Verletzungen der Hirnhalbkugeln eine unmittelbare Folge der Verletzungen dadurch entftanden, daß die Sehcentren in Mitleidenfchaft gezogen find, oder wirken diefe Verletzungen nur auf die Ferne mittelbar, ohne für das Sehen wefentliche Theile getroffen zu haben?

---

[1]) *Couty*, Histoire et critique des localisations cort. Gazette hebdomad. de m. et de chir. 1878. N. 21, 23.

3. Läßt ſich bei den höheren Wirbelthieren und dem Menſchen ein umſchriebenes Sehcentrum in der Hirnrinde nachweiſen?

Was die erſte dieſer Fragen, deren Unterſuchung ich unternommen, anbetrifft, ſo zeigen die aufgeführten verſchiedenen Meinungen, daß vor allem die abſolute Bedeutung der Hirnhalbkugel für das Sehen feſtgeſtellt werden mußte. Man muß darum auf die Unterſuchungen von *Flourens* und *Cuvier* zurückgreifen, um zu beſtimmen, ob bei den höheren Wirbelthieren der Sitz des einfachen wie des ſeeliſchen Sehens in den Hirnhalbkugeln gelegen iſt. Man muß darum die Verſuche nicht nur an Vögeln machen, ſondern auch an niederen Säugethieren. Ich machte meine Verſuche an Tauben, Kaninchen und Hunden. Meine zahlreichen diesbezüglichen Unterſuchungen führten mich zu folgendem Ergebniß[1]).

Eine Taube, der man die Hirnhalbkugeln herausgenommen hat, ſieht nach wie vor. Die erſten Stunden nach dem Eingriff iſt ſie wohl ſtumpfſinnig, ſieht aber das Licht, denn ſie antwortet auf dasſelbe mit Bewegung, ſodann rückt ſie allmälig mehr zu den beleuchteten Stellen hin, erkennt die Unterſchiede im Raum, wählt ſich ihren Platz in demſelben. Noch ſpäterhin unterſcheidet ſie ſich in der Art, wie ſie ſich fortbewegt und ſich im Raume zurechtfindet, gar nicht mehr von einer geſunden Taube. Beläſtigt man ſie, ſo bleibt ſie faſt ganz ruhig; ſie antwortet zwar, wenn etwas ſie bedroht, mit leichter Fluchtbewegung des Kopfes und des Körpers, ohne jedoch aus ihrer Gleichgültigkeit aufgeſchreckt zu werden. Sie ſieht das Futter wohl, frißt es aber nicht; ſie hat noch Raumſinn und erkennt auch bis zu einem gewiſſen Grad Schädlichkeiten, die ihr drohen; ſie hat alſo außer dem reinen Sehvermögen noch einige Fähigkeiten behalten, die beim höheren Wirbelthier dem ſeeliſchen Sehen zuzuſprechen ſind.

Bei mehreren meiner Verſuchstauben fiel es auf, daß der Herausnahme der Halbkugelmaſſe raſch Erweichung des übrigen

[1]) Die genaue Mittheilung der Verſuche findet man in der italieniſchen Ausgabe dieſer Arbeit. Estratto degli atti della R. accademia medica di Roma, Anno XV. vol. IV. Serie II.

Gehirns mit Einſchluß des lobus opticus folgte. Dies erklärt vielleicht, warum einige Unterſucher, z. B. *Munk*, *Flourens*, bei Tauben Blindheit nach der Wegnahme der Hirnhalbkugeln auftreten ſahen. *Munk* ſtellte die Beobachtungen an ſeinen Tauben zwei Monate nach dem Eingriff an, einige derſelben erwieſen ſich als vollkommen erblindet.

Kaninchen, denen faſt die ganze Hirnrindenmaſſe weggenommen worden, ſehen doch und vermögen ſich über das Geſehene Rechenſchaft zu geben. Man kann als Grundſatz aufſtellen, daß Kaninchen noch zu ſehen und alle Hinderniſſe zu vermeiden im Stande ſind, ſo lange nicht ſo viel Hirnmaſſe weggenommen iſt, daß ſie die Kraft zu gehen und auf Geſichtseindrücke zu antworten verloren haben. Selbſt nach ſehr weitgehender Verſtümmelung ſind ſie immer noch für Lichteindrücke empfänglich.

Auch bei Hunden führt Verſtümmelung, die weit mehr als jene Rindenbezirke zerſtört hat, welche man als Sehcentrum anſehen wollte, doch nicht zu vollkommener Blindheit. Die Empfindlichkeit für Licht bleibt nach wie vor erhalten.

Dieſe Beobachtungen ſchließen mit Sicherheit aus, daß bei den Vögeln die Sehthätigkeit an die Hirnrinde gebunden iſt; ſie zeigen, daß bei den niederen Säugethieren (Kaninchen) die Bedeutung der Hirnhalbkugeln ſchon eine größere iſt, denn die allgemeinen Störungen ſind bedeutender als bei den Vögeln, zugleich aber ergeben ſie auf das beſtimmteſte, daß das Sehen nicht ganz und gar auf der Thätigkeit der Hirnrinde beruht. Bei den Hunden gilt dies ebenfalls wenigſtens für die reine Lichtempfindung.

Die zweite Frage, die ich mir geſtellt, war die, ob die Erſcheinungen von Schädigung des Sehvermögens unmittelbare Folgen der Verletzung der Hirnhalbkugeln als Sehcentren ſind, oder ob dieſe Verletzungen ihre Wirkung auf das Sehcentrum nur aus der Ferne ausüben und auf dieſe Weiſe zur Störung der Sehthätigkeit führen.

Die Antwort war leicht zu geben. Es genügte, nur Theile, die mit dem Sehen nichts zu thun haben, zu zerſtören und dann

feſtzuſtellen, ob die Sehfähigkeit durch die Verletzung ihr ganz fremder Theile auch geſtört wird.

Als ich mich im vorigen Jahr mit den Reizausſtrahlungen auf den Kern des ſechſten Hirnnervenpaars bei Verletzung des Rückenmarks und der Ganglien der Baſis beſchäftigte, bemerkte ich, daß dieſe Ausſtrahlung ſich auch bis in den Bereich der Sinne erſtreckt. Ich machte daraufhin beſondere Unterſuchungen an Tauben, Kaninchen und Ziegen und fand in der That, daß Verletzung der Ganglien der Baſis, die nichts mit dem Sehen gemein haben und Verletzung des verlängerten Marks, ja ſelbſt nur Druck auf Rückenmark und Brücke, vorübergehende Sehſtörungen zur Folge haben.

Verletzung des Streifenkörpers bei Tauben und Kaninchen führt zu Sehſtörung am Auge der entgegengeſetzten Seite; beim Hund zu lateraler Halbblindheit geringerer Ausdehnung auf dem gleichnamigen Auge; Verletzung des verlängerten Marks oder Blutungen, die auf Rückenmark und Brücke jenen Druck ausüben, führen bei Hund und Ziege zu Halbblindheit auf dem Auge der entgegengeſetzten Seite. Dieſe Störungen ſind von verhältnißmäßig langer Dauer. In einzelnen Fällen (Verletzungen des vorderen Theils der Streifenkörper) überdauern ſie ſogar eine Zeitlang die Störungen der Bewegungsfähigkeit. Verletzungen in der weißen Maſſe der Vorderlappen führen zu keinen Sehſtörungen der Art.

Nicht weniger wichtig iſt die dritte Frage über den Sitz und den Thätigkeitsmechanismus der Rindencentren des Sehens. Die hierüber von Anderen angeſtellten Verſuche ſind ſehr zahlreich. Kein Bezirk der Rinde (mit Ausnahme der unteren Fläche) wurde übergangen und auf jede der Verletzungen der Rindenmaſſe folgten Sehſtörungen. Auch ich habe einige Verſuche gemacht, um ein klareres Urtheil über die verſchiedenen aufgeſtellten Anſichten zu gewinnen. Ich bin auf Grund derſelben vollkommen überzeugt, daß nicht ſowohl die Ergebniſſe der vielfachen Verſuche, als vielmehr nur ihre Deutungen von einander abweichen. Ich machte meine Verſuche an Tauben, Kaninchen und Hunden.

Aus diefen Verfuchen ergab fich, daß die Bedeutung der Hirnhalbkugeln für die Erhaltung der einzelnen Vorgänge des materiellen Lebens des Thiers bei den Tauben eine ganz geringe ift; zur Erhaltung diefer genügt das Uebrigbleiben eines ganz kleinen Theils der Hirnhalbkugeln.

Die Taube fieht, nimmt Futter und Trank, zeigt Furcht vor Drohungen auch nach Wegnahme der Hinterhaupt- und Scheitellappen. Unmittelbar nach dem Eingriff zeigt fie für Gefahren kein Verftändniß; es ift dies aber nur eine vorübergehende Hemmungs-Erfcheinung. Auch fucht fie fich während diefer Zeit kein Futter. Beginnt fie dann wieder zu freffen, fo pickt fie anfangs die Körner ungefchickt auf oder vermag fie nicht recht zu fchlucken, aber nach wenig Tagen ift fie wieder vollkommen im Befitz der verloren gegangenen Fähigkeiten.

Von zwei Tauben, die auch diefe vorübergehenden Hemmungserfcheinungen zeigten, wurden der einen die Hinterhauptlappen, der anderen die Stirnlappen weggenommen. Unmittelbar nach dem Eingriff waren keine Störungen des Gefichtsfinns zu bemerken, fie entwickelten fich erft allmälig, um dann aber bis zum Tode der Thiere nicht mehr rückgängig zu werden. Beide Thiere antworteten nicht mehr auf Drohungen, wußten anfangs das Futter nicht mehr als folches zu erkennen oder es zu finden, fpäter fuchten fie gar nicht mehr darnach. Die Fähigkeit, fich im Raume zurecht zu finden, Entfernungen zu fchätzen, Hinderniffe in ihrem Wege zu vermeiden, behielten fie nach wie vor.

Bei der erften diefer beiden Tauben zeigten fich die Scheitellappen erweicht, die Hinterhauptlappen unverändert. Bei der anderen hatte die Erweichung der Hinterhauptlappen, welche Sitz der Verletzung waren, auf die Scheitellappen übergegriffen; das Thier zeigte fich auch bis zu einem gewiffen Grade taub, ein Zuftand, der fich gegen das Ende hin etwas zu beffern fchien. Es ift befonders hervorzuheben, daß ein Erweichungsherd im Hirn der Taube Sehftörung hervorruft, ob er nun in den Stirnlappen oder den Hinterhauptlappen feinen Sitz hat, daß er Seh- und Gehörftörung zur

Folge hat, wenn er in den Parieto-Occipitallappen liegt. Es find diefe Störungen dann fchärfer ausgeprägt als jene bei Tauben, denen man die Hirnhalbkugeln ganz herausgenommen hat.

Das Ergebniß der an Kaninchen angeftellten Verfuche fcheint auf den erften Blick mit den eben befchriebenen Beobachtungen im Widerfpruch zu ftehen, denn weitgehende Entfernung von Hirnrindenmaffe hat nicht regelmäßig, felbft nicht unmittelbar nach dem Eingriff Erblindung zur Folge. Diefe Verfchiedenheit des Ergebniffes der Verfuche läßt fich leicht durch das verfchiedene Vorgehen bei Ausführung derfelben erklären. Bei einem der Kaninchen wurde die Hirnmaffe mit dem Glüheifen zerftört, und diefes wirkte fo fehr in die Tiefe, daß es felbft die Vierhügel der entgegengefetzten Seite in Mitleidenfchaft zog. Das Ergebniß war, daß das Thier zwar Gegenftände nicht zu unterfcheiden fchien, wohl aber noch für Licht empfindlich war. Die Sehftörung hielt einige Tage an. Bei einem anderen Kaninchen folgte auf tiefe Verbrennung der Rinde des linken Temporo-Occipitallappens gleich und vorübergehend geringe Störung der Sehfähigkeit des Auges der entgegengefetzten Seite. Daraufhin wurde in einem zweiten Eingriff die Rindenmaffe des rechten Stirn- und Scheitellappens abgetragen und der ganze Hinterhauptlappen entfernt. Der rechte vordere Vierhügel wurde feiner oberflächlichften Schicht beraubt. Es trat danach ftarke Stumpffichtigkeit auf dem Auge der entgegengefetzten Seite und vorübergehende Herabfetzung der Sehfähigkeit auf dem gleichnamigen Auge auf. Ich fage Stumpffichtigkeit, denn das Thier ftieß gegen alle Hinderniffe an und rannte, in Schrecken verfetzt, mit dem Kopf heftig gegen die Wand. Wahrfcheinlich ift dies aber mehr Folge von Störung des Urtheils als der Sehfähigkeit, denn man muß im Auge behalten, daß fowohl verftümmelte als gefunde Kaninchen, wenn man ihnen die Augen verbindet, fich nur ganz vorfichtig oder gar nicht von der Stelle bewegen, nicht aber fo ftürmifch und urtheilslos, daß fie mit dem Kopf gegen Hinderniffe rennen. Wahrfcheinlich ift es bei den Kaninchen auch fo wie bei den Tauben, wo Zerftörungsherde im

Gehirn auch entlegene Theile in Mitleidenſchaft ziehen und zu größeren Störungen führen, als Entfernung von Stücken des Gehirns, ſelbſt wenn ſie größer an Maſſe ſind als dieſe Herde.

Obigen Beobachtungen entſprechend trat beim Hunde, nach Zerſtörung der Hirnmaſſe mit dem Glüheiſen in der ganzen Dicke der Hirnhalbkugel, aber ganz umſchrieben in dem von *Munk* mit A I bezeichneten Bezirk, nur vorübergehend Halbblindheit auf. In der erſten Zeit nach dem Eingriff ſcheint das Auge der entgegengeſetzten Seite ganz ſtumpfſichtig zu ſein. Entfernung der Rindenmaſſe des Bezirks A I führt nicht zu bemerkenswerthen Sehſtörungen.

Abtragung der Rindenmaſſe beider Sehbezirke *Munk's* hatte Erſcheinungen von Abſtumpfung der geiſtigen Fähigkeiten und des Sehens zur Folge. Stärker waren dieſe Erſcheinungen bei einem Hunde, bei dem die Rinde zwar in enger begrenztem Bezirk, aber in größerer Dicke abgetragen worden war.

Bei zwei Hunden wurde die Rinde der Vorderlappen in großer Ausdehnung und wiederholt gebrannt. Bei einem derſelben erſtreckte ſich die Verletzung auf der einen Seite von der Spitze des Stirnlappens bis zum Ende des Hinterhauptlappens; auf der anderen Seite breitete ſie ſich über Stirn- und Scheitellappen aus. Es traten trotz der ausgedehnten Zerſtörung keine Sehſtörungen auf, außer vorübergehender leichter Unaufmerkſamkeit im Zuſammenhang mit der Ermattung des Thieres nach dem Eingriff. Hingegen zeigten diefe Verſuchsthiere Bewegungsſtörungen. Der Verluſt des Geruchsſinns und die Unmöglichkeit, die zuſammengeſetzte Bewegung, das Oeffnen des Mauls und des Schluckens auszuführen, konnten ferner bei einem dieſer Hunde Seelenblindheit für das Futter vortäuſchen.

Bei einem weiteren Hunde hatte tiefe Zerſtörung eines Hinterhauptlappens laterale Halbblindheit zur Folge, welche über einen Monat beſtehen blieb. Bedrohungen im Bereich der blinden Geſichtsfeldhälfte wurden von dem Thier nicht beachtet. Nachdem auch der Hinterhauptlappen der anderen Seite zerſtört worden

war und die angrenzenden Theile mit dem Glüheifen verbrannt worden, trat tiefe Amblyopie ein, nach einiger Zeit fchienen nur mehr die Randbezirke des Gefichtsfeldes ftumpffichtig zu fein. Als dauernde Störung blieb Seelenblindheit für das Futter, Verluft des Raumfinns, Unmöglichkeit fich im Raum zurecht zu finden, d. h. den Ausweg zu entdecken. Nach einem dritten Eingriff, d. h. nach Reizung der Narben auf der linken Seite und erneuter Verbrennung der angrenzenden Bezirke, trat doch keine Verfchlimmerung der Sehftörungen auf.

Tiefe Verletzungen einer Hirnhalbkugel beim Hunde führten nicht zu Verluft der Lichtempfindung. Das Thier zeigt aber auch, wenn die Verletzung einfeitig ift und eine Hälfte der Gefichtsfelder unverfehrt geblieben, Erfcheinungen von Seelenblindheit, namentlich in Bezug auf den Raumfinn.

Die Hunde, bei denen Sehftörungen mit den erften Erfcheinungen nach dem Eingriff einhergingen, hatten doch niemals die Lichtempfindung verloren. Dies ftimmt genau mit den Beobachtungen an Tauben und Kaninchen.

Zweiter Abfchnitt.

Die unter den Säugethieren ftehenden Wirbelthiere paffen unwillkürlich (reflectorifch) ihre Lebenshandlungen den Scheindrücken an. Das feelifche Sehen ift ausfchließlich den Säugethieren eigen. Dasfelbe ift eine den Nervenzellen der Rinde der Hinterhauptlappen eigene Thätigkeit. Das reine Sehen hat bei den Säugethieren feinen Sitz in den Mittelhirnganglien.

Aus meinen Verfuchen an Hirnhalbkugeln von Tauben, Kaninchen, und Hunden ergiebt fich als zweifellos, daß die Bedeutung der Hirnhalbkugeln bei diefen drei Thieren nicht die gleiche ift.

Bei den Tauben hat, mit Ausnahme der erften Augenblicke nach dem Eingriff, die Abtragung der ganzen Halbkugeln keine Sehftörung zur Folge. Die Taube vermeidet Hinderniffe in ihrem Weg, fchützt fich bei Drohungen, erkennt die ihr gewohnten Plätze als folche wieder. Sie fcheint alfo den Gefichtsfinn und die mit demfelben verbundenen Verftandesthätigkeiten unverändert behalten

zu haben. Der Taube ohne Hirnhalbkugeln noch Verſtandesthätigkeit zuerkennen, hieße aber dem Sehhügel ſeeliſche Fähigkeiten zuſprechen und dies ſchiene mir durchaus unrichtig. Ich halte es für richtiger, die Sache ſo aufzufaſſen, daß die Taube ohne Hirnhalbkugeln die Sehempfindungen und ihre Bewegungen auf rein unwillkürlichem Wege (reflectoriſch) mit einander in Einklang bringe, ohne daß eine Verſtandesthätigkeit dabei im Spiel wäre, und daß ſo nur der Anſchein erregt wird, als ob ihr Handeln ein überlegtes wäre und das Thier ein Urtheil über ſeine Sehempfindungen habe. Ob eine Taube mit unverſehrten Hirnhalbkugeln beſſer begreift was ſie ſieht, wiſſen wir darum doch noch nicht und werden es vielleicht auch niemals wiſſen können. Was aber ſicher daſteht, iſt daß die Taube ohne Hirnhalbkugeln ganz ebenſo ſieht, wie die mit unverſehrtem Gehirn.

Aus den Ergebniſſen der von *Blaschko* an Fröſchen gemachten Verſuchen kann man ſchließen, daß es bei den Thieren, welche niederer ſtehen als die Säugethiere, gar kein ſeeliſches Sehen giebt. Sie ſehen wie enthirnte Tauben und Fröſche, indem ſie ihrer rohen Sehempfindung reflectoriſch ihre Bewegungen und Handlungen anpaſſen.

Dieſe Anſicht ſtellte ſich der Anſchauung derer, die für eine Localiſation eintreten, gerade entgegen und widerſpricht auch der Anſchauung von *Renzi*, welcher weniger weitgehende Schlüſſe zog, indem er bei den Tauben ſenſitive Sehwahrnehmung in die Sehlappen, die ſeeliſche Sehwahrnehmung in die Hirnhalbkugeln verlegte.

Die Klarheit der thatſächlichen Beobachtungen erſpart es mir, ausführlich die Gründe anzuführen, die gegen die Anſchauung einer Localiſation der Sehempfindung in der Rinde der Hinterhauptlappen, wie ſie *Munk* und *Blaschko* für die Taube annahmen, ſprechen. Hingegen muß ich auf *Renzi*'s Anſchauung näher eingehen, da dieſe mehr Berechtigung zu haben ſcheinen könnte.

Für *Renzi*'s Auffaſſung könnte aus meinen Verſuchen nur eine gewiſſe Seelenblindheit für das Futter vorgebracht werden.

Wie ſoll man aber annehmen, daß die Taube nicht freſſe, weil ſie das Futter nicht als ſolches erkenne, wenn ſie doch noch im Stand iſt, Oertlichkeiten und Gefahren, die ſie bedrohen, zu erkennen? Die Willfährigkeit, mit der das Thier Alles mit ſich geſchehen läßt, die Veränderung ſeines Weſens ſind deutliche Zeichen der Abſtumpfung ſeiner Vernunft, wenn wir den unwillkürlichen Trieb, die Handlungen in zweckmäßiger Folge aneinander zu reihen, als ſolche bezeichnen dürfen. Mit dem Untergang dieſes Triebes ſchwindet der Anſtoß, den der Anblick des Futters in dem Geſchöpf hervorruft, das ſich über dieſen Anblick Rechenſchaft zu geben weiß, oder das Hunger fühlt. Die Taube ohne Großhirnlappen zeigt durch keine Bewegung, daß ſie nach dem Futter ſuche, ſie pickt nicht auf dem Boden umher, und ſucht nicht die gewohnten Plätze auf, wo ſie ſonſt nach ihrem Futter ging. Giebt man ihr das Futter ein, ſo giebt ſie auf keine Weiſe zu erkennen, daß ſie an der Stillung des Hungers Wohlbehagen habe, ſie ſträubt ſich im Gegentheil gegen die künſtliche Ernährung. Daß der Taube ohne Hirn das Bewußtſein der zuſammengeſetzten Bewegung des Faſſens und Schluckens des Futters abgeht, zeigt die Beobachtung, daß Tauben, wenn ſie nach ſchwerer Verſtümmelung der Hirnhalbkugeln allmälig wieder zu freſſen beginnen, nicht im Stande ſind, über die Lage der Futterkörner richtig zu urtheilen, ſie nur ungeſchickt aufzupicken und nicht zu ſchlucken vermögen, d. h. ſie ſehen und erkennen das Futter als ſolches, ſind aber nicht fähig, ſich zu ernähren, da ſie die beabſichtigten zuſammengeſetzten Bewegungen nicht auszuführen vermögen. So finden wir bei Tauben ohne Großhirn eine Herabſetzung jenes Triebs, den der Hunger anregt, indem er Bewegungen zum Zweck ſeiner Stillung anſpornt, und wir finden ferner eine Beeinträchtigung der zweckentſprechenden Ausführung dieſer Bewegungen. Dies, nicht aber ein Mangel des Sehvermögens, das ſich in allen anderen Handlungen des Thiers unbeeinträchtigt erweiſt, iſt darum ohne Zweifel der Grund, warum das Thier nicht mehr ſeiner Nahrung nachgeht.

Somit hängt bei den Tauben die Fähigkeit zu allen ihren Lebensthätigkeiten und insbefondere des Sehens nicht wefentlich vom unverfehrten Zuftand der Hirnhalbkugeln ab. Das Uebrigbleiben eines ganz kleinen Theils derfelben genügt der Taube, ja es genügt die Thätigkeit der Stirnlappen allein.

Bei den Säugethieren find die Hirnhalbkugeln von ungleich wefentlicherer Bedeutung für das Sehen. Beim Kaninchen führt Abtragung der Hirnrinde in beträchtlicher Ausdehnung zu keinerlei Störung des Sehvermögens, wohl aber ausgedehnte und dabei tiefgehende Zerftörung der Großhirnmaffe. Beim Hund zieht Abtragung größerer Theile der Hirnrinde und der. Halbkugelmaffe ftarke und dauernde Beeinträchtigung des Sehens nach fich.

Giebt man fomit die Bedeutung des Unverfehrtfeins der Hirnhalbkugeln für das Sehen bei den Säugethieren zu, fo bleibt noch zu unterfuchen, welcher Art die Bedeutung ift, die den Hirnhalbkugeln beim Sehen zukommt. Wir müffen mit *Cuvier* die Frage aufwerfen: *les lobes cérébraux sont-ils les réceptacles où toutes les sensations prennent une forme distincte et laissent des souvenirs durables?* oder mit *Flourens*, ob diefelben Sehorgane im ausfchließlichen Sinn find; und in beiden Fällen, ob diefe ihre befondere Aufgabe auf beftimmte Rindengebiete befchränkt ift *(Munk, Ferrier)*, oder ob jedwelcher Theil der Hirnrinde Bewegungen, Empfindungen und Wahrnehmungen zu gleicher Zeit beherrfcht *(Goltz, Loeb)*.

Die Sehftörungen, welche auf kleine und große Verletzungen der Hirnhalbkugeln folgen, werden von den Vertheidigern der Localifation in engen Zufammenhang mit Hemmungserfcheinungen gebracht; fie geben keine Erfcheinungen der Nebenwirkung zu. Aber meine Verfuche zeigen unwiderlegbar, daß nach Verletzung des Streifenkörpers und des Rückenmarks, die doch keinen Beftandtheil enthalten, welcher zum Sehen nothwendig ift, ganz die gleichen Sehftörungen auftreten, als wenn die wichtigften Herde des Sehvermögens verletzt worden wären.

Diefe Ergebniffe ftimmen ganz mit der Auffaffung von *Goltz*, daß nicht alle Sehftörungen, welche bei Verletzungen der Hirn-

halbkugeln auftreten, nothwendiger Weife von dem Aufhören der Thätigkeit des abgetragenen Bezirks abhängen müffen, fondern in einigen Fällen auf Hemmung der Thätigkeit unverfehrt gebliebener Bereiche zurückzuführen find, welche Hemmung die Folge eines von der letzten Stelle ausftrahlenden Reizes fei.

Goltz hatte feine Verfuche nur auf die Hirnrinde ausgedehnt und vermochte darum keinen unmittelbaren Beweis für feine Anficht vorzubringen. Er gelangte zu derfelben nur durch die Aehnlichkeit der Erfcheinungen, die nach Durchfchneidung des Rückenmarkes auftreten, und von denen einige fich nur als Thätigkeitsunterdrückung durch eine Reizwirkung deuten laffen.

Wernicke meint, es fei eine petitio principii, die vorübergehenden Thätigkeitsftörungen als Reizwirkung zu deuten, zwei Erklärungen feien des guten zu viel; es genüge die örtliche Verletzung, um die Sache zu erklären. *Wernicke* täufcht fich aber offenbar, ebenfo wie der von *Hitzig* gemachte Schluß unberechtigt ift, der fich auf die Sehftörungen, welche nach Verletzungen des Stirnlappens auftreten, beruft und meint, die Wirkungen der Verletzung breiten fich über die Bereiche aus, die mit den verletzten Theilen engeren Zufammenhang haben.

Loeb drückt fich kurz dahin aus, daß beim Hund Sehftörungen jeglicher Art nicht unmittelbar als Folge der Verletzung der Hirnrinde auftreten, fondern die Folge feien einer Reizerfcheinung, die bei Verletzung jedwelchen Theils der Rinde fich zeige, fobald befondere Umftände, wie Entzündung der Wunde, ftarker Bluterguß u. f. w. fich geltend machen. Die Betrachtungen von *Loeb* treffen zu, foweit fie fich auf das Sehmonopol der Hirnrinde nach dem *Munk*'fchen Schema beziehen; ich kann in der That *Loeb* nur durchaus beiftimmen, wenn er fagt, die Abtragung der von *Munk* als fpecififche Sehcentra bezeichneten Rindenbezirke führe in einzelnen Fällen zu keinerlei Sehftörungen. Man kann z. B. den von *Munk* als A I bezeichneten Bereich auf beiden Hinterhauptlappen völlig unbefchadet der Sehfähigkeit abtragen, und wo folche

Störungen auftraten, entſprachen ſie den von *Munk* beſchriebenen nicht. Am deutlichſten läßt ſich dies bei Kaninchen zeigen.

Die von *Loeb* aus dieſen Befunden gezogenen Folgerungen ſtimmen aber mit den meinigen nicht ganz überein. Er hat bei tiefen Eingriffen in die Großhirnhalbkugeln Aufhebung des Sehvermögens nur bei Verletzung der hinteren Theile der Halbkugeln geſehen.

Hierin ſchließt ſich meine Anſchauung vollkommen an die von *Luciani* und *Seppilli* an.

Dieſe Forſcher können nicht zugeben, daß alle Bezirke, deren Abtragung Sehſtörungen zur Folge hat, die gleiche oder andererſeits gar keine Bedeutung für den Vorgang des Sehens haben ſollen. Ihre Verſuche führten ſie zu der Ueberzeugung, daß die Herausnahme des Schläfenlappens vorübergehende Störung des Sehens zur Folge hat, daß dagegen die Störungen bleibende ſind nach Abtragung der Hinterhaupt- und Scheitellappen. Sie können aber nicht den Schluß daraus ziehen, daß, wo die Störungen des Sehens bleibende ſind, auch der Sehbezirk entfernt worden ſein muß, und daß dort, wo die Störungen nur vorübergehender Art ſind, Reizeinwirkung von der Verletzung aus den Grund für dieſelben abgiebt, denn auch bei Hunden, wo die Stirnlappen zerſtört worden ſind, überdauern die Sehſtörungen die unmittelbare Wirkung des Eingriffs. Sie kommen darum vielmehr zu der Schlußfolgerung, daß der Hinterhaupt-Scheitelbereich der Sitz der Hirnthätigkeit für das Sehen iſt, und daß dieſer Bereich in die anderen Centren eingreift, indem er ſich gegen die Stirn und Schläfen-Keilbeinlappen hinzieht.

Ihre Schlußfolgerung iſt vollkommen folgerichtig und zutreffend in Bezug auf die verſchiedene Bedeutung der Sehſtörungen, die in Folge von Abtragung der vorderen und hinteren Bereiche der Hirnhalbkugeln eintreten. Dieſer verſchiedenen Bedeutung thut *Loeb* kaum Erwähnung, während ſie *Goltz* zugiebt, indem er ausdrücklich ſagt, daß die verſchiedenen Lappen nicht von gleicher Bedeutung ſeien. *Luciani* und *Seppilli* gehen alſo weit von der urſprünglichen Anſchauung einer Localiſation der Sehthätigkeit in

der Hirnrinde allein ab. Sie kamen zu ſolchem Ergebniß durch die vollſtändige Abtragung der Hinterhaupt- und Scheitellappen.

Immerhin möchte ich einen Einwand erheben gegen den Beweis, den ſie dafür vorbringen, daß auch den Keilbein-, Scheitel- und Stirnbereichen der Hirnhalbkugeln ein Einfluß auf das Sehen zukomme. Dieſe Annahme ſtützt ſich nur darauf, daß die Sehſtörungen, welche nach Verletzung dieſer Theile eintreten, die unmittelbare Wirkung des Eingriffs etwas überdauern. Aber dieſe Beweisführung wird hinfällig, wenn man bedenkt, daß auch bei Verletzungen des Streifenkörpers, bei denen doch kein Beſtandtheil, der unmittelbar dem Sehen dient, zerſtört wird, die Sehſtörungen viel länger dauern als die Einwirkung der Verletzung auf die Bewegungsherde. Daß Verletzung der Hinterhauptlappen zu tiefen Sehſtörungen führt, iſt nach ihrer Aufſtellung auf die größere Zahl der in denſelben enthaltenen Sehbeſtandtheile zurückzuführen. Für die Verletzungen der mittleren Theile der Großhirnhalbkugeln iſt aber dieſe Erklärung unzuläſſig. Sie enthalten nur eine geringe Zahl von Sehbeſtandtheilen, und doch treten nach ihrer Zerſtörung zwar vorübergehende, aber eben ſo weſentliche Sehſtörungen auf, als nach Verletzung der hinteren Theile. Hier bedarf es zur Erklärung der Annahme, daß die Sehſtörung thatſächlich auf eine Ausſtrahlung des Reizes zurückzuführen iſt, denn der Untergang einer ſo geringen Zahl von Sehbeſtandtheilen kann keine ſo ausgedehnten Störungen bedingen. Nun bleibt aber auch dieſe Erklärung von gleichem Werth, auch wenn man die betreffenden Theile — da ja keine Beweiſe für ihre Theilnahme am Sehen vorhanden ſind — jeder derartigen Thätigkeit für bar erklärt. Ich halte nach dieſem Allen es für das beſte, ſich den allgemein gehaltenen Annahmen von *Goltz* anzuſchließen, d. h. das Sehcentrum nicht in einem beſtimmten Bezirk abzugrenzen, ſondern nur zuzugeben, daß die vorderen und hinteren Theile der Großhirnhalbkugeln verſchieden in ihrer Bedeutung für das Sehen ſind, inſofern Verletzungen der Hinterlappen zu dauernden ſchweren Sehſtörungen führen.

Bisher wurde von den Verletzungen, die zu Sehstörungen führen, nur in Bezug auf ihre örtliche Lage gesprochen, ohne auf das Wesen dieser Störungen näher einzugehen. Dieselben treten in zwei von einander sehr verschiedenen Arten auf. Die eine derselben begleitet tiefgehende Zerstörungen der Hirnmasse der Halbkugeln, namentlich der hinteren Theile derselben; nach einigen Forschern zeigt sich das Thier vollkommen blind (*Munk*, *Luciani* und *Seppilli*), nach anderen nur hochgradig stumpfsichtig. Dieser Zustand dauert eine gewisse Zeit an, um dann vollkommener Wiederherstellung Platz zu machen. War die Verletzung sehr tiefgehend und beiderseitig, oder folgten auf die erste Verletzung noch weitere ebenfalls mit bedeutendem Massenverlust, so findet keine völlige Wiederherstellung statt. Der Hund wird zwar wieder sehen, aber kein Urtheil für das Gesehene haben, es nicht erkennen. Er erkennt das Futter nicht, irrt sich in den Entfernungen, er achtet nicht auf die Gesichtseindrücke, die er erhält. Die Rückbildung dieses Zustandes hängt wiederum von der Ausdehnung und der Stelle der Verletzung ab.

Loeb fragt sich vor allem, ob die Erscheinungen, die wir als Hemiaanopsie und Hemiamblyopie bezeichnen, auf eine Störung des Sehens zurückzuführen sind, oder ob die Sehempfindung wohl regelrecht stattfinde, aber nicht hinreiche, die durch die Verletzung abgestumpften Centren zu jener Beantwortung des empfangenen Eindrucks anzuregen, die das sehende Thier sonst zeigt. Er tritt für letztere Ansicht auf, da er beobachtete, daß auch die für blind gehaltene Netzhauthälfte solcher Hunde noch Licht empfinde, daß es aber eines stärkeren Reizes bedürfe, um eine Reaction auszulösen. Würden vor das Auge eines Hundes, dessen einer Netzhauttheil unempfindlich für Licht scheint, zwei Fleischstücke in der Art gehalten, daß das Bild des einen Stücks auf die anscheinend blinde Hälfte fallen muß, das des anderen auf die sehende, so schnappt der Hund doch nach dem ersteren, wenn man dasselbe bewegt und nicht nach dem, dessen Bild auf der besser sehenden Hälfte aber unbeweglich steht.

Munk kommt zu anderen Ergebniſſen, aber ſeine Schlußfolgerung begründet ſich nicht auf ſo beachtenswerthe Beobachtungen, als die ſeiner Gegner. *Munk* hält den Hund, dem man die Hirnrinde in jenem von ihm als Sehcentrum beanſpruchten Bezirk abgetragen hat, für vollkommen blind und unempfindlich für den Lichtreiz. Mit der Zeit trete ein Zuſtand ein, wo dieſe Blindheit nicht mehr auffällt, indem der Hund mit der Zeit den Mangel der Sehempfindung auszugleichen lernt, ebenſo wie auch der Menſch das Vorhandenſein des blinden Flecks nicht beachtet. *Luciani* und *Seppilli* erklären ſich die Sache auf andere Weiſe; nach ihrer Auffaſſung ſollen in gleichem Maaß, in dem allmälig die traumatiſche Einwirkung des Eingriffs auf die zurückgebliebenen Theile der Sehcentren nachläßt, dieſe die untergegangene Thätigkeit des zerſtörten Bezirks an ſeiner Stelle aufnehmen; aber es gelingt ihnen niemals, vollkommenen Erſatz geben zu können, wenn die Zerſtörung ſich über große und weſentliche Theile erſtreckt habe. Ihre Verſuche am Hund führten niemals zu zweifelloſer, vollſtändiger Blindheit, nicht einmal in den erſten Augenblicken nach den ſchwerſten und wiederholt ausgeführten Eingriffen.

Betrachte ich die Ergebniſſe meiner Verſuche an Kaninchen wie an Hunden, ſo muß ich der *Munk*'ſchen Anſchauung, daß nach Abtragung der betreffenden Theile der Hirnrinde Blindheit bis zum völligen Verluſt der Lichtempfindung erfolge, entſchieden entgegentreten. Ich fand, daß nicht allein nach tiefen Zerſtörungen der Rindenmaſſe, ſondern auch nach ausgedehnter Abtragung der Maſſe der Gehirnhalbkugeln, die Empfindlichkeit nach wie vor regelmäßig erhalten blieb. Die Stumpfſinnigkeit ſteht nicht im Verhältniß zur Flächenausdehnung der Verletzung, ſondern ihrer Tiefe und ihrer Art. Verbrennung des gyrus angularis zieht viel bedeutendere Sehſtörungen nach ſich, als Abtragung der Rindenmaſſe beider Hinterhauptlappen.

Ueber das Weſen dieſer Sehſtörungen iſt es ſehr ſchwer, ſich Rechenſchaft zu geben. Die Deutung von *Loeb* iſt meiner Anſicht nach nur für beſtimmte Fälle zutreffend, z. B. bei jenen Hunden,

bei denen Blindheit nur infofern vorhanden war, als fie Drohungen nicht mehr beachteten, um fo mehr, als bei ihnen das Ausbleiben jeder Beantwortung folcher Gefichtseindrücke auf Reizausftrahlung des verletzenden Eingriffs in die Bafis des Gehirns zurückzuführen war. Bei einem der Hunde war aber eine wahre Stumpffichtigkeit ganz unzweifelhaft vorhanden; das Thier wollte im Dunkeln fich nicht von der Stelle bewegen, ftieß gegen jedes Hinderniß, fuchte die helleren Orte auf und ftrebte immer dem Lichte zu. Im vollen Licht nahm es Hinderniffe erft in dichtefter Nähe wahr. Das Thier zeigte auch, daß es feiner Blindheit bewußt war, indem es fich fortwährend mit den Pfoten über die Augen fuhr. Stünden nun diefe Erfcheinungen nicht mit einer Herabfetzung der Sehfähigkeit im Zufammenhang, fondern mit der Gegenwirkung der motorifchen Centren auf die Sehempfindung, fo wäre nicht zu erklären, warum bei Hunden mit Verletzungen der vorderen Bezirke, bei welchen doch thatfächlich der Zufammenhang zwifchen Empfindung und Bewegung erfchwert ift, fich die Sehthätigkeit in den Handlungen, durch welche das Thier fich äußert, als ungefchädigt erweift.

Darum halte ich daran feft, daß es wohl möglich ift, daß Hunde, Kaninchen und Tauben durch die Eingriffe ftumpffichtig werden.

Die diesbezüglichen Anfchauungen *Luciani*'s und *Seppilli*'s fcheinen mir nicht fcharf genug ausgedrückt zu fein. Die übrig gebliebenen Beftandtheile der Sehcentren follen allmälig die verloren gegangene Thätigkeit der zerftörten Theile auf fich nehmen. Wollen fie, wie es mir den Anfchein zu haben fcheint, damit fagen, daß die unverletzt gebliebenen Theile allmälig die feelifchen Thätigkeiten des Sehens, welche verloren gegangen waren, aufnehmen, fo ftimme ich ihnen durchaus bei. Dann aber ift die in der erften Zeit nach dem Eingriff auftretende Stumpffichtigkeit nicht fowohl auf einen Untergang der Thätigkeit des Sehcentrums der Rinde, als vielmehr der optifchen Bahnen und der Sehcentren des Hirnftamms zurückzuführen.

Hierfür sprechen sehr viele Umftände. Die Störungen des Sehens, die man nach Verletzungen des Rückenmarks wie des Streifenkörpers beobachtet, find unzweifelhaft auf die Aufhebung der Thätigkeit der Ganglien des Mittelhirns durch Reizausftrahlung zurückzuführen. *Loeb* fand bei Thieren, bei welchen vollftändige Rückbildung der Erfcheinungen ftattgefunden hatte, daß er durch Reizung der Narben an den Hinterhauptlappen, dort wo die Rinde abgetragen worden war, ftärkere Stumpffichtigkeit hervorrufen konnte, als in Begleitung des erften Eingriffs aufgetreten war. Hier war doch ficher keine Zerftörung von Rindenmaffe für diefe Erfcheinung verantwortlich zu machen, denn dort, wo gereizt wurde, war solche gar nicht mehr vorhanden; auch kann man nicht annehmen, daß eine Ausftrahlung des Reizes auf die benachbarten Rindentheile hiebei ftattfinde, denn bei unmittelbarer Reizung derfelben wird eine folche Ausftrahlung nicht beobachtet. Dagegen kann man beftimmt annehmen, daß der Reiz auf die in der weißen Maffe verlaufenden Bündel der optifchen Bahnen bis über die Sehganglien der Bafis hinaus hemmend einwirke. Befeftigt wird diefe Auffaffung durch die Beobachtungen an Kaninchen, bei denen wohl auf tiefe Verbrennung starke Stumpffichtigkeit folgt, aber keinerlei Sehftörung nach ausgedehnter Abtragung von Rindenmaffe auftritt. Was das Gehirn der Tauben anbetrifft, fo ift es ficher, daß die in unmittelbarem Gefolge der Abtragung der Gehirnhalbkugeln auftretende Stumpffichtigkeit eine Erfcheinung der Hemmung der phyfiologifchen Thätigkeit des lobus opticus ift, fo daß mit Aufhören der traumatifchen Erregung auch diefe Erfcheinung rückgängig wird. Bei einem meiner Verfuchshunde hing die einige Tage nach dem Eingriff andauernde ftarke Stumpffichtigkeit unzweifelhaft von einem Entzündungsvorgang in der Wunde ab, der die Vierhügel mit dem Ueberrefte der Hinterhauptlappen zur Verwachfung brachte.

Gehen wir nunmehr zur Betrachtung der eigentlichen Erfcheinungen des Ausfalls der Lebensthätigkeit der Hirnrinde in Bezug auf das Sehen über.

Es sind dies durchaus die, welche *Goltz* und *Loeb* auf einen Zuſtand der Hirnſchwäche zurückführen und welche *Munk* als die Erſcheinungen der Seelenblindheit bezeichnet.

Munk unterſcheidet — wie oben ausgeführt — zweierlei Sehthätigkeit der Hirnrinde. Die eine iſt die reine, rohe, unbewußte Sehempfindung; die andere die ſeeliſche Wahrnehmung des Bilds und die Feſthaltung dieſes Bilds im Gedächtniß. Immer, wenn die einfach empfindenden Beſtandtheile gereizt werden, verſetzen dieſelben eine Gruppe der Beſtandtheile der ſeeliſchen Gesichtswahrnehmung in Erregung, und dieser Erregung folgt die Einprägung eines Bildes im Gedächtniß. Die Beſtandtheile des Sehgedächtniſſes sollen im Bezirk A 1 angeordnet sein, eines nach dem anderen in gleicher Reihenfolge, wie dem Gedächtniß die Wahrnehmung des Gegenſtandes zukommt. Zerſtört man den Bereich des Sehgedächtniſſes, ſo erkennt der Hund nicht mehr, was er ſieht; es treten dann die Erſcheinungen der Seelenblindheit auf; das Thier zeigt keine Furcht vor der Peitſche mehr, läuft nicht auf das hingereichte Futter zu, kann eine Treppe nicht mehr hinaufſteigen, vermag Entfernungen nicht mehr richtig zu schätzen. Der Hund muß nun erst wieder von neuem lernen zu beurtheilen, was er ſieht, er muß die Erinnerung der Eindrücke gesehener Gegenſtände erst in neue, für die früheren Zellen ſtellvertretend eintretende Zellengruppen unterbringen, bis er endlich wieder das, was er ſieht, zu erkennen weiß.

Munk meint, es liege ganz in der Hand deſſen, der den Verſuch anſtellt, welches der aus dem Gedächtniß verlorenen Erinnerungsbilder der Hund zuerſt wieder zurückbekomme, je nach dem Gegenſtand, den man ihm zuerſt wieder zur Anſchauung bringt.

Goltz ſteht mit ſeiner Anſicht *Munk* ſchnurſtracks entgegen. Seeliſche Sehſtörungen ſollen beim Hund jedem großen Maſſenverluſt der Gehirnhalbkugeln ſowohl der vorderen als der hinteren Lappen folgen. Er beobachtete Hunde, die nur auf einem Auge ſeelenblind waren. Von *Goltz* war zuerſt angegeben worden, daß ſeelen-

blinde Hunde ein verhältnißmäßig ſehr ſchlechtes Farbenunterſcheidungsvermögen haben. *Loeb* machte hierzu einige abweichende Zuſätze. Der Hund ſieht wohl noch die weiße Farbe, aber kann sich keine Vorſtellung bilden von dem Gegenſtand, der dieſe Farbe trägt, ſo weiß er ſeinen Herrn in weißer Kleidung nicht von irgend einem anderen weißen Gegenſtand zu unterſcheiden. *Loeb* beobachtete ferner, daß das Thier die Fähigkeit behält, alle Farben von einander zu unterſcheiden. Ein Hund, der mit Vorliebe grüne Gegenſtände faßte, vermochte ſolche noch aus anderfarbigen Gegenſtänden herauszufinden. Der Raumſinn iſt bei dieſen Thieren aber ſehr herabgeſetzt. Dies geht daraus hervor, daß ein ſolcher Hund nur mit Widerſtreben von ganz geringer Höhe herabſpringt. Dieſe Sehſtörungen ſind ſtets mehr oder minder mit Abſtumpfung des Verſtands verbunden. Kurz zuſammengefaßt hält *Goltz* und ſeine Schule die Seelenblindheit für eine Herabſetzung der Sehthätigkeit des Gehirns, aber nicht als eine Folge der Ausſchaltung eines beſonderen Bezirks, ſondern als Folge des allgemeinen geiſtigen Verfalls, in den das Thier gerathen iſt.

Die Anſicht *Munk*'s von der beſonderen Bedeutung, die dem Bezirk A 1 zukomme, ſcheint mir hinfällig zu ſein. Meine Beobachtungen ſprechen geradezu gegen dieſelbe. Aber bei aller Hochachtung für die genauen und ſcharfen Beobachtungen von *Goltz* kann ich doch auch ſeinen Schlußfolgerungen mich nicht anſchließen. Bei einem meiner Verſuche zeigte ſich der Hund bei vollem Verſtand in allen jenen Handlungen, die nicht von der Beurtheilung der Geſichtseindrücke abhängig ſind. Indem er ſich des Eindrucks der Gehörempfindungen in ſeinem Gedächtniß bediente, erkannte er am Geräuſch, daß ihm das Futter gereicht wurde. Dann ſuchte er dasſelbe überall herumſchnüffelnd, zeigte deutlich Freude, aber war nicht im Stand, dasſelbe mittelſt des Geſichtsſinns ausfindig zu machen. Ich gab mir lange viel Mühe, in ihm das Erinnerungsbild des Geſichtseindrucks von Milch, die er ſehr gern hatte, wieder wach zu rufen; aber, im Widerſpruch mit der Angabe *Munk*'s, gelang mir dies durchaus nicht.

Ein Hund, welcher des seelischen Sehens verlustig gegangen ist, wird und muß das Futter mittelst des Gesichtssinns nicht mehr erkennen können, wohl aber wird er lernen es mit dem Geruchssinn zu erspüren. Das gleiche gilt für den Raumsinn, der auch subjectiv und aus Erfahrungen, deren Erinnerungen im Gedächtniß eingeprägt bleiben, sich herangebildet hat. Der seelenblinde Hund ist nicht geistig abgestumpft — oder soll es wenigstens nicht sein —, er hat nur alle im Gedächtniß eingeprägt gewesenen Gesichtseindrücke, deren er sich von jung auf zu erinnern und zu bedienen gelernt hatte, verloren. Das Thier kommt in Bezug auf seinen Gesichtssinn auf einen kindlichen Urzustand zurück. So machte denn auch der Hund meines Versuchs ganz den Eindruck eines ganz jungen Thiers, so unstät in seinen Bewegungen, so zerstreut, mit erstauntem Blick; sein Blick schweifte von einem Gegenstand zum anderen, ohne einem derselben besondere Aufmerksamkeit zu schenken; das Thier verwechselte einen Gegenstand mit dem anderen, und vermochte ihre Lage im Raum nicht recht zu beurtheilen.

Die Hunde mit Zerstörung in den vorderen Lappen scheinen auf den ersten Anblick blind für das Futter und ohne Raumsinn zu sein. Dies beruht hier aber nicht auf Verlust der Fähigkeit, den Gegenstand mittelst des Gesichtssinns zu erkennen, sondern auf dem Verlust des Bewußtseins der Kau- und Schlingbewegungen. Wenn dann in der Folge das Thier wieder zu fressen beginnt, so führt es das Maul nicht zum rechten Ort, um das Futter zu fassen, und vermag es nur zu fassen, wenn es ganz dicht dabei ist. Daß dies auf Bewegungsstörung zurückzuführen ist, zeigt die Ungeschicklichkeit der Bewegungsausführung, bei der jedoch der Hund das Futter immer im Auge behält. Auch beobachtet man bei diesen Hunden, daß sie sehr wenig aufmerksam sind, weil sie sich nicht einen Begriff von ihren Handlungen bilden können; es ist dies bei den Hunden wahrscheinlich die der Verstümmelung der Gehirnhalbkugeln eigene Folgeerscheinung.

Ich wollte hiermit der *Goltz*'schen Erklärung seiner Fälle durch-

aus nicht den Vorwurf der Unrichtigkeit machen, ſondern, indem ich hier meine Anſchauung auseinanderſetzte, habe ich bloß zu meinen Fällen nothwendiger Weiſe diese Bemerkungen machen müſſen.

Verstehe ich recht, ſo unterſcheiden *Luciani* und *Seppilli* in ihren Verſuchen eine vollſtändige und eine unvollſtändige Seelenblindheit. Die vollkommene Seelenblindheit ſchildern ſie in folgender Weiſe: das Thier erſcheint blind für das Futter, welches es mittelſt des Geſichtsſinns nicht zu erkennen vermag, es weiß kleine Hinderniſſe nicht zu meiden, es vermag ſich kaum fortzubewegen und ſein Lager aufzuſuchen. Ich ſtimme aber ihrer Auffaſſung nicht vollkommen bei; ein ſeelenblindes Thier muß meiner Auffaſſung nach, ſich gut fortzubewegen und Hinderniſſe unbewußt zu vermeiden im Stande ſein, andcrenfalls halte ich es für ſtumpfſichtig oder ſtumpfſinnig (dement.). Die Fähigkeit ſich fortzubewegen iſt durchaus dem unbewußten Sehen eigen, dies zeigt ſich an Tauben, denen man die Großhirnhalbkugeln ganz und gar abgetragen hat. Demnach ſchließe ich mich der *Goltz*'ſchen Auffaſſung an, daß ein Hund, dem man die Hirnhalbkugeln ganz abgetragen hat, noch ſieht, aber das Urtheil über die Seheindrücke, die er erhält, verloren hat.

Ludwig meinte, die Art, wie man aus den Verſtümmelungen des Gehirns ſeine Thätigkeit kennen zu lernen ſuche, ſei ein ähnliches Beginnen, als ob man durch einen Piſtolenſchuß über die mechaniſchen Vorgänge in einem feinen Uhrwerk Aufſchluß zu erhalten ſuche. Der Erfolg bewies, wie richtig er geurtheilt, denn die, welche dieſer Art von Verſuchen ſo viel zugetraut, daß ſie bis in's Kleine Schlüſſe daraus ziehen zu können meinten, ſind in Irrthümer gerathen.

Die ganze Lehre *Munk*'s von der Localiſation iſt gänzlich umgeſtürzt; unerſchüttert bleiben nur die Beobachtungen von *Goltz* und *Loeb* und die genauen Unterſuchungen von *Luciani*, *Tamburini* und *Seppilli*. Durch ſie iſt, nach Beſeitigung der nicht ſtichhaltigen ins Einzelne gehenden Ausführungen, die Lehre vom Sitz der Sehcentren in der Hirnrinde wieder bekräftigt und mit den thatſächlichen Befunden in Einklang gebracht und vereinfacht.

Meiner Anſicht nach iſt die Bedeutung der Hirnhalbkugeln für das Sehen nur bei den Säugethieren bewieſen, ſie erſtreckt ſich bloß auf den rein ſeeliſchen Vorgang beim Sehen und iſt das Ergebniß der beſonderen Thätigkeit der Nervenzellen, die in der Rindenmaſſe der hinteren Lappen gelagert ſind.

Dritter Abſchnitt.

Ueber die Verletzungen der Sehbezirke der Hirnrinde, die beim Menſchen Halbblindheit und Seelenblindheit bedingen. — Ueber den Sitz des optiſchen Gedächtniſſes. — Ueber den Sitz des graphiſchen Gedächtniſſes. — Entſtehung der Trugbilder (Hallucinationen.) — Beurtheilung der Sehthätigkeit der Hirnhalbkugeln.

Wilbrand[1]) ſagt, daß beim Menſchen die Halbblindheit eine den Herderkrankungen einiger Bezirke der hinteren Lappen eigene Erſcheinung ſei und meint, das Centrum des Sehgedächtniſſes nehme in dieſen Lappen einen nicht im linearen Sinn, aber in dem Sinn der Flächenausdehnung begrenzten Bezirk ein. Darum ſei bei Verletzungen an der Spitze eines Hinterhauptlappens oder ſeiner inneren Fläche, namentlich des Keils, die Möglichkeit des Auftretens von Halbblindheit gegeben, und wenn die Verletzung beiderſeitig iſt, von vollkommener Blindheit (Rindenblindheit); wenn hingegen beiderſeits der Bezirk des Sehgedächtniſſes — zwiſchen dem Sehbereich und dem Bereich des Gehörs gelegen — betroffen ſei, ſollen die Erſcheinungen der Seelenblindheit auftreten. Im Centrum des Sehgedächtniſſes, meint er, ſei nicht jede Zelle von einem Erinnerungsbild beſetzt; immer ſoll eine Anzahl derſelben frei ſein und zwar dadurch, daß alte Bilder mit der Zeit aus der Erinnerung ſchwinden. So können neue Geſichtseindrücke wieder untergebracht werden. Nach ſeiner Anſicht ſind dieſe Zellen je nach den beſonderen Zweigen der Thätigkeit dieſes Gedächtniſſes auch in beſonderen Bereichen angeordnet. So beſtänden beſondere Bereiche für die verſchiedenen Zahlen, lateiniſche wie arabiſche, für die Buchſtaben, gothiſche wie griechiſche, u. ſ. w. Ebenſo

[1]) *Wilbrand,* Die Seelenblindheit als Herderſcheinung und ihre Beziehung zur homonymen Hemianopsie. Wiesbaden, 1887.

ferner für die verſchiedenen Gegenſtände. Der ganze Bereich der Erinnerungsbilder des Geſichtsſinns ſoll ſo von Bildern verſchiedener Gegenſtände erfüllt ſein; aber doch müſſen ſich beſtimmte begrenzte Stellen in dieſem Gedächtnißfeld finden, die vorzüglich mit den Erinnerungsbildern der Buchſtaben, Silben und Worte, ſowohl der Mutterſprache als fremder Sprachen, beſetzt gehalten werden. Dieſe Gedächtnißbezirke, die der Sprache, dem Leſen und der Schrift dienen, haben beiderſeits an der gleichen Stelle des Sehbereichs ihren Sitz, ſtehen aber nur auf der linken Seite in Verbindung mit dem Bereich des Gehörs. So gehen die Verbindungsbahnen der oben aufgezählten Thätigkeiten alle nach dieſer Stelle hin und laufen um ſo enger zuſammen, je näher ſie dem Bereich des Gehörs der linken Seite kommen, wo ſie endlich zuſammenlaufen.

Dieſer Anſchauung huldigen auch noch Andere in ähnlicher Weiſe. So verlegt *Seguin* [1]) das Centrum der Geſichtswahrnehmung in die Rindenmaſſe in die Nähe des Keils, *Herſchel* verlegt den Hauptſitz der Wortblindheit in den gyrus angularis; auch glaubt er die erſte Scheitelwindung mehr oder weniger dabei betheiligt. Nach *Charcot* führen die Bewegungen beim Schreiben und Sprechen zu neuen Empfindungen, deren Erinnerung ihrerſeits im Gehirn haften bleibt, ſo daß wir zwei weitere Theilgedächtniſſe hätten, das Gedächtniß für die Bewegung des Sprechens und das Gedächtniß für die Bewegung des Schreibens. So hätte das Gedächtniß für die Schriftzeichen ein eigenes Centrum für ſich. *Charcot* ſucht dasſelbe im unteren Scheitelläppchen mit oder ohne Betheiligung des gyrus angularis.

Wilbrand beruft ſich in ſeinen Ausführungen auf die Verſuche *Munk*'s an Hunden; ſo mußte ſein Gebäude auch wankend werden, nachdem durch die Unterſuchungen von *Goltz*, *Luciani*, *Tamburini* und *Seppilli* erwieſen worden, daß die Grundlage, auf der es ſich aufbaut, nicht zuverläſſig iſt.

Die Rindenblindheit *Munk*'s, der Grundgedanke ſeiner ganzen Lehre, konnte beim Hund bis jetzt noch niemals als dauernde

[1]) *Seguin*, Archives de Neurologie, 1888.

Erſcheinung nachgewieſen werden, auch von ihm ſelbſt nicht. Um nicht an ſeiner Anſchauung untreu werden zu müſſen, beſtritt er irrthümlicherweiſe das Vorhandenſein jeglicher Lichtempfindung nach Abtragung der Hirnhalbkugeln auch bei den Vögeln. Ueber den Werth der *Munk*'ſchen Beobachtungen von Rindenblindheit und der Localiſation der Seelenblindheit beim Hund iſt anderwärts geſprochen worden.

Die Fälle von vollkommener Halbblindheit beim Menſchen bei Herderkrankung in den Hinterhauptlappen ſcheinen auf den erſten Anblick für die Lehre der Localiſation eines Sehcentrums in den Hinterhauptlappen zu ſprechen. Aber eine genauere Betrachtung dieſer Frage muß zu anderem Ergebniß führen.

Unter den Fällen von Halbblindheit, die zur Unterſuchung an der Leiche kamen, zeigt der Fall von *Samelsohn* [1]) ſicher ſehr tiefgreifende Veränderungen, und doch waren die blinden Hälften der Netzhäute immer noch empfindlich für Licht geweſen. Ebenſo in ähnlichen Fällen *Brandenburg*'s [2]). So zeigt die Beobachtung am Krankenbett, daß es Fälle giebt, in denen das Centrum der Lichtempfindung nicht in der beſonderen Thätigkeit der Rindenzellen zu ſuchen iſt. Es kann alſo die Halbblindheit auf eine mittelbare Einwirkung der Verletzung der Hinterhauptlappen zurückzuführen ſein, auf eine Reizwirkung in die Ferne, welche bei den Verletzungen der Hinterhauptlappen auf die Centren des einfachen Sehens in den Ganglien der Baſis ausgeübt wird.

Bei den Hunden iſt dies zweifellos ſo; bei ihnen treten auch nach Verletzungen der Brücke, des verlängerten Marks und des Streifenkörpers ſolche Reizeinwirkungen auf. Daß auch beim Menſchen die Verletzung auf die Ferne zu wirken im Stande iſt, zeigen die von *Gowers* mitgetheilten Fälle, wo Blutungsherde, obgleich ſie nicht den Verlauf der Sehfaſern unmittelbar trafen, vorübergehende Halbblindheit zur Folge hatten. Halbblindheit durch Ausſtrahlung des Reizes von der erkrankten Stelle aus

[1]) *Samelsohn*, Jahresb. für Ophthalmologie, 1882.
[2]) *Brandenburg*, *Graefe*'s Archiv, 1887. III.

haben wir auch bei unvollſtändigen Zerſtörungen der Ganglien des Hirnſtamms. So berichten *Pflüger* und *Hughlings-Jackson* über Verletzungen nur des Sehhügels allein, wo doch auch vollkommener Verluſt der Thätigkeit der übrigen Sehganglien des Hirnſtamms eintrat. Hiernach muß, wenn die Verletzung einer Halbkugel tiefer geht und die Faſern in Mitleidenſchaft zieht, welche der Hinterhauptlappen zu den Sehganglien des Hirnſtamms ſchickt, folgerichtig angenommen werden, daß die vollkommene Halbblindheit von aufgehobener Thätigkeit der eingeſchobenen Ganglien der Geſichtswahrnehmung herzuleiten iſt.

Dieſe Auffaſſung gewinnt an Wahrſcheinlichkeit durch das Weſen der die Störung der Thätigkeit bedingenden Urſache. In den meiſten Fällen ſind dieſes Geſchwulſte oder Erweichungsherde, das heißt alſo an Größe ſtetig zunehmende Herde, die durch eben dieſe ihre Eigenſchaft es nicht zu einer Abnahme des ausſtrahlenden Reizes und ſeiner Folgeerſcheinungen kommen laſſen, ſondern eine ſtetige Steigerung bedingen. Wenn die vollkommene Halbblindheit dauernd beſtehen bleibt, wie in einem Fall von *Seguin* [1]), ſo iſt dies durch eine nachträglich eingetretene abſteigende Entartung der Sehfaſern zu erklären. Die nachträgliche Entartung der Nervenfaſern bis zum Rückenmark hin iſt bei Herderkrankung der vorderen Theile der Hirnhalbkugeln eine von vielen Beobachtern beſtätigte Erſcheinung.

In neueſter Zeit hat *Ziehen* [2]) am Rückenmark und Gehirn von drei Hunden Unterſuchungen gemacht. Bei dem einen wurde linkerſeits das Centrum für die Bewegungen der vorderen Glieder abgetragen; es waren nur im rechten Seitenſtrang Erſcheinungen abſteigender Entartung nachweisbar. Beim zweiten wurde das Centrum für die Bewegungen des Nackens zerſtört, es entarteten die den Faſern der Bewegung der Vorderbeine benachbarten Faſern. Beim dritten endlich wurde der Bewegungsbezirk für die Vorderbeine abgetragen, und es traten hier auch in den Bewegungen

[1]) *Seguin*, Arch. de Neurologie, 1886.
[2]) *Ziehen*, Archiv für Psychiatrie und Nervenkr. Vol. XVIII. S. 300.

des Nackens und der Hinterbeine die gleichen Störungen wie in den Vorderbeinen auf; die Entzündung hatte auch auf die Bewegungsbezirke dieſer Theile übergegriffen; es wurde eine beträchtliche Entartung im Rückenmark gefunden, die ſich über den ganzen Pyramidenbahnenſtrang der anderen Seite ausdehnte, mit alleiniger Ausnahme ſeines hinteren Theils, der unverſehrt geblieben war.

Das Gleiche beobachtet man nach Abtragung der hinteren Theile der Hirnhalbkugeln. *Monakow* fand, nach Abtragung des Hinterhauptlappens bei neugeborenen Kätzchen, Schwund der Sehganglien des Hirnſtamms und beider tractus optici. Es ſchließen alſo dieſe Beobachtungen das Vorhandenſein eines Centrum des rohen Sehens in der Hirnrinde aus. Es wäre dies auch eine einzig daſtehende Erſcheinung in der Lehre von den Sinnen und ſcheint von vornherein unwahrſcheinlich, wenn man in Erwägung zieht, daß das Centrum des Gehörs in der Hirnrinde ein ſeeliſches iſt. *Charcot* [1]) ſelbſt nimmt an, daß das mechaniſche Sprachorgan im Bulbärknoten des nervus hypoglossus ſitze, indem er der dritten Stirnwindung den ſeeliſchen Theil der Beherrſchung der Lippenbewegung zuſchreibt.

Meines Erachtens hat *Wilbrand* den Begriff der Seelenblindheit nicht ganz richtig aufgefaßt. Ein Kranker, den *Charcot* [2]) beobachtet hat, und die Kranken von *Wilbrand* und *Quaglino* zeigen keine vollkommene Seelenblindheit, aus der man, wie *Wilbrand* will, ſchließen könnte, daß jeder Zelle ein eigenes Bild entſpreche, und noch weniger läßt ſich annehmen, daß in den Fällen dieſer Art die Verletzung nur das Centrum des Sehgedächtniſſes allein betroffen habe. Der Kranke von *Charcot* hatte das Sehgedächtniß nicht vollkommen verloren, ſondern es war nur bedeutend geſchwächt. Er war früher ein tüchtiger Zeichner geweſen, und wenn auch ſeine Zeichnungen in der Folge nur ſehr mangelhaft waren, ſo

---

[1]) *Charcot*, Les localisations cérébrales. Revue scientifique, 1876. N. 20. S. 465.

[2]) *Charcot*, Progrès medical, 1883.

zeigten fie doch immerhin ein gewiffes Maß der Aehnlichkeit mit dem Gegenftand, den fie darftellen follten. Die Gefichter feiner Angehörigen fchienen ihm verändert; doch war er nach einiger Uebung wieder im Stand, fie zu erkennen oder wenigftens zu unterfcheiden. Indem er fein ganzes Sehgedächtniß, fo weit er es noch befaß, anftrengte, gelang es ihm, Orte, die er auf den erften Blick nicht erkannte, doch wieder zu erkennen. Das Gedächtniß für die Schriftzeichen war merklich gefchwächt, namentlich fchwer wurde es dem Patienten, griechifche Buchftaben zu lefen, aber er half fich, indem er zugleich die diefen Buchftaben entfprechende Schreibbewegung ausführte, und war dann durch den Reiz, den die Ausführung diefer Bewegung auf das gefchwächte Centrum ausübte, in den Stand gefetzt, diefe Buchftaben wieder zu erkennen. Auf diefe Weife vermochte er zu lefen, aber ohne den Sinn des Gelefenen zu verftehen. Um zum Verftändniß des Gelefenen zu gelangen, war er gezwungen, das Gelefene auch zu fprechen und zwar nicht nur leife die Lippen bewegend, fondern indem er es fich mit lauter Stimme vorlas. So mußte er alfo drei Hülfsmittel des Schriftgedächtniffes zu Hülfe nehmen (die Bewegung des Schreibens, die Bewegung des Sprechens und das acuftifche Bild), um das gefchwächte Vermögen des Sehgedächtniffes ftärker anzuregen. Zugleich zeigte diefer Kranke auch Schwäche der anderen Gebiete des Gedächtniffes, denn um etwas nicht zu vergeffen, mußte er es feinem Gedächtniß dadurch einprägen, daß er es fich mehrmals mit lauter Stimme vorfprach. Bei diefem Kranken zeigte übrigens die Gleichgültigkeit für Schmerz und Freude, daß es fich nicht nur um eine Schwächung der Thätigkeit des Sehgedächtniffes handelte, fondern um einen allgemein veränderten feelifchen Zuftand.

Soll es richtig fein, daß der Verluft des optifchen Erinnerungsbildes eines Gegenftands durch Untergang einer beftimmten Gruppe von Gedächtnißzellen abhängt, fo muß der Kranke auch nicht mehr im Stand fein, fich eine Vorftellung von diefem Gegenftand zu machen. Das ift aber nicht der Fall. *Wilbrand* führt einen

Fall an, der gegen diese seine Ansicht spricht. Seine Kranke erkannte ihre Vaterstadt nicht mehr und lernte dies auch niemals wieder, und doch war sie bei geschlossenen Augen vollkommen im Stand, sich das Erinnerungsbild dieser Stadt vorzustellen. Umgekehrt war es dagegen in dem Fall, welchen *Quaglino* mittheilt. Der Kranke hatte die Fähigkeit verloren, sich das Bild eines Gegenstandes vorzustellen, und doch war er im Stand, denselben zu erkennen. In einigen anderen Fällen, die berichtet werden *(Brandenburg)*, war der Kranke nicht im Stand, irgend einen Gegenstand ohne weiteres zu erkennen, wohl aber erkannte er ihn und nannte ihn richtig mit Namen, sobald man ihm etwas nannte, was auf denselben Bezug hatte, oder wenn man ihm sagte, wozu der Gegenstand diene.

Mir scheint der Verlust des Sehgedächtnisses als Ganzes an Veränderungen des Centrums dieses Gedächtnisses gebunden zu sein, nicht aber der Verlust des Erinnerungsbildes eines einzelnen Gegenstandes an die Zerstörung je einer entsprechenden einzelnen Gedächtnißzelle. So läßt es sich erklären, daß alle Erinnerungsbilder an Gegenstände in gleicher Weise leiden und daß in bestimmten Fällen nur die Fähigkeit, Gegenstände zu erkennen, verloren geht, nicht aber die Fähigkeit, sich ihr Bild vorzustellen.

Es könnte auf den ersten Blick scheinen, als ob manchmal der Kranke hauptsächlich eine bestimmte Art des Gedächtnisses verloren habe, wie im Fall von *Charcot*, wo der Kranke gerade die griechischen Schriftzeichen am schwersten wiedererkannte. Meiner Ansicht nach beruht das darauf, daß wir am leichtesten diejenigen Dinge vergessen, deren wir uns am seltensten bedienen, oder die vor sehr langer Zeit dem Gedächtniß eingeprägt worden waren. Ist die Gedächtnißkraft geschwächt, so entfallen uns diese Dinge zuerst.

Will man die *Munk*'sche von *Wilbrand* angenommene Anschauung aufrecht halten, so muß man annehmen, daß jede einzelne Zelle des Sehgedächtnisses in gleichem Maße in Mitleidenschaft gezogen sein muß, damit die Erinnerung einer unbe-

grenzten Menge von Gegenſtänden gleichmäßig verloren gehe und daß in einzelnen Fällen eine beſondere Veränderung in der Zelle vor ſich gehe, durch die ſie außer Stand geſetzt wird, zu erkennen, während ihr die Fähigkeit der Vorſtellung doch noch verbleibt. Hierin ſcheint mir das Schema, welches *Munk* für den Menſchen aufſtellt, ebenſo unglücklich zu ſein, wie jenes, welches er für das Sehgedächtniß beim Hund angenommen hat.

Nach *Wilbrand* hätte der Verluſt des Sehgedächtniſſes zur Folge:

1) Störungen der regelrechten Aneinanderreihung der optiſchen Bilder (Verdrehung der Vorſtellung).
2) Mangelhaftes Urtheil über die Zeit.
3) Verwirrungen und Verwechſelungen durch gleichzeitiges Andrängen zahlreicher neuer fremder Geſichtseindrücke.

Zu dieſem Ergebniß führt ihn der von ihm beobachtete Fall, indem er ihn ſo in das von ihm aufgeſtellte Schema einzuordnen ſucht. Die betreffende Kranke glaubte Gegenſtände, die ſie im Zimmer vor ſich ſah, auf der Straße befindlich; ſie ſah ein Dienſtmädchen für einen gedeckten Tiſch an. Mir ſcheint dies nicht als Untergang der Thätigkeit des betreffenden Theils des Centrum aufzufaſſen zu ſein, ſondern nur als falſche Deutung. Es wäre dies der gleiche Vorgang, wie bei Illuſionen und Hallucinationen. Die Kranke hatte den Zeitſinn verloren; wenige Stunden kamen ihr vor wie Wochen. Bedenke ich, daß der Kranke, welcher des Sehgedächtniſſes verluſtig gegangen iſt, im übrigen wohl einem Blindgeborenen gleich iſt, daß aber bei dieſem der Zeitſinn ganz richtig ausgebildet iſt, ſo muß ich einen Zuſammenhang zwiſchen dem Verluſt des Zeitſinns und dem Untergang der Thätigkeit des Centrum des Sehgedächtniſſes bezweifeln. Was den dritten von *Wilbrand* aufgeführten Punkt betrifft, ſo ſollte meiner Anſicht nach gerade das Umgekehrte ſtattfinden; das optiſche Bild iſt für den Kranken nicht vorhanden, wie kann es alſo irgend welche Unregelmäßigkeit bedingen? Hätte *Wilbrand* bei ſeiner Kranken nicht nur von Seiten des Sehgedächtniſſes Hirn-

erſcheinungen finden wollen, ſo hätte er wohl weniger voreingenommen geurtheilt [1]).

Ergänzend zu all dieſen oben weiter ausgeführten Beobachtungen über Verluſt des Sehgedächtniſſes treten noch die Erſcheinungen der Aphaſie hinzu. Auch dieſe beruht auf einer Erkrankung eines ſeeliſchen Centrum in der Hirnrinde, ſie entſteht ebenſo plötzlich und unter den gleichen Bedingungen wie die Seelenblindheit. Während aber die erſtere ſo häufig iſt, daß man Gelegenheit hatte, ſie genau kennen zu lernen, iſt die letztere ſo ſelten beobachtet, daß man ihr Weſen noch wenig erforſcht hat, um ſo mehr, als man meiner Anſicht nach nicht den richtigen Weg gewählt hat, indem man die irrthümliche Lehre *Munk*'s von der Seelenblindheit am Hundegehirn zur Richtſchnur genommen hat.

Es giebt verſchiedene Stufen der Aphaſie; jeder derſelben entſpricht der Verluſt eines Theils der Sprache. In den einfacheren Fällen hat der Kranke das Namengedächtniß verloren (die Hauptwörter). Er ſpricht in langen Sätzen und ſtockt nur dann, wenn er einen Namen ausſprechen will. Durch lange Umſchreibungen, indem er häufig durch entſprechende Zeit- oder Eigenſchaftswörter das fehlende Hauptwort erſetzt, ſucht er ſeine Gedanken auszudrücken. Erräth man zufällig das vom Kranken geſuchte Wort, ſo braucht man ihm nur die erſten Silben desſelben vorzuſagen, und in vielen Fällen wird ſich der Kranke ſogleich desſelben wieder erinnern und das Wort ſchnell hervorſtoßen, um es ſogleich wieder zu vergeſſen.

In den ſchwereren Fällen, oder wenn der Kranke wiederholte Anfälle gehabt hat, folgt auf den Verluſt der Namen und Hauptwörter der der Eigenſchaftswörter und Zeitwörter; mit dem Ver-

---

[1]) Ausgebreitete Hirnerkrankungen führen immer zu Herabſetzung der geiſtigen Fähigkeiten. *Sazie*, welcher Unterſuchungen über aphaſiſche Kranke gemacht hat, meint es ſei bei ihnen immer eine ſolche Herabſetzung zu beobachten, manchmal ſelbſt in ſo hohem Maaß, daß die betreffenden Kranken als vollkommen dement anzuſehen ſind. *Sazie*, Thèse de Paris, 1879.

luft des Gedächtnilles fchwindet der Wortfchatz des Kranken immer mehr bis zur völligen Wortlofigkeit.

Kussmaul[1]) meint, ein Wort ginge um fo leichter aus dem Gedächtniß verloren, je faßlicher der Gegenftand ift, den es bezeichnet; den Grund hierfür fucht er darin, daß die Kenntniß von Menfchen und Gegenftänden weniger eng mit ihrem Namen in Zufammenhang ftehe als die abgeleiteten Begriffe, die ihren Zuftand, ihre Eigenthümlichkeit und ihre Beziehungen bezeichnen. In der That dienen die Eigenfchafts- und Zeitwörter zur Bezeichnung einer unbegrenzten Menge von Thatfachen, während das Hauptwort nur ein feft beftimmtes und unveränderliches Ding bezeichnet.

Noch ein wefentlicher Punkt wäre nicht zu übergehen, daß nämlich ein vollkommen wortlofer Kranker manchmal für kurze Zeit der verloren gegangenen Worte theilhaftig werden kann. So kann es vorkommen, daß er in der Erregung lange Sätze wieder nachzufprechen im Stande ift; meiftens oder faft ausnahmslos find dies dann heftige Unwillensbezeugungen. Diefe Erfcheinung wurde von *Jackson* beobachtet und in der Folge häufig beftätigt.

Wie man fieht, hat kein Beobachter zur Deutung diefes gradweifen Verluftes der verfchiedenen Beftandtheile der Sprache bei der Aphafie zu der künftlichen Erklärung *Munk's* gegriffen, mit der er klar machen will, wie bald das eine, bald das andere Erinnerungsbild des Sehgedächtniffes verloren geht. Wären die Namen in einer gefonderten Zelleninfel untergebracht, in einer anderen die Zeitwörter u. f. w., ferner die Eigenfchaftswörter und Bindewörter, fo hätten wir nur den Ausweg gehabt, zu der wenig bedeutenden Annahme zu greifen, daß die Zelle, die ihr Erinnerungsbild behält, größere Widerftandskraft befäße oder an einem befonders begünftigten Ort liege. Wie viel aber gewohnheitsmäßige oder befonders tiefe Einprägung einer Sache in das Gedächtnißvermögen vermag, geht aus dem von *Dejerine* mitgetheilten

[1]) *Kussmaul,* Die Störungen der Sprache 1882.

Fall hervor. Ein halbfeitig gelähmter und fprachlofer Kranker — früherer Officier — vermochte fonft nur noch die eine Sylbe *tu* auszufprechen, war aber dabei noch im Stand, die ganze Marfeillaife von Anfang bis zu Ende zu fingen. Von einem Arzte wurde mir folgender Fall mitgetheilt, der eine deutfche, in Rom lebende Dame betraf. Diefe Kranke hatte nach einem Schlaganfall die ihr bis dahin ganz geläufige italienifche Sprache bis auf das letzte Wort vollkommen verloren.

Wir müffen noch den Verletzungen des Gehirns, die zur Wortblindheit führen, befondere Beachtung und Befprechung widmen.

Das feelifche Centrum des Gehörs fcheint keinen unbedingten Zufammenhang mit dem Gedächtniß der Schriftzeichen zu haben; wenigftens werden Fälle von Worttaubheit mitgetheilt, in denen keine Wortblindheit vorhanden war.

Magnan bringt folgenden Fall [1]):

Gehör: Unfähigkeit, das gefprochene Wort zu verftehen, bei an und für fich gutem Gehör;

andere Erfcheinungen: motorifche Aphafie; dabei ift die Fähigkeit, das gedruckte und gefchriebene Wort zu verftehen, erhalten.

Leichenbefund: in der rechten Hirnhalbkugel nicht fcharf umfchriebene, ausgebreitete Bindegewebsentartung in der dritten Stirnwindung und der Infel; Erweichungsherd in der erften und zweiten Schläfenwindung.

Gewöhnlich fieht man Wortblindheit ohne jegliche Worttaubheit. Hierher gehören einige Beobachtungen von *Seppilli* [2]). In 17 Fällen von Worttaubheit fah er Zerftörungsherde in dem Schläfenlappen. War die Worttaubheit mit Wortblindheit verbunden, fo ging mit der Veränderung im linken Schläfenlappen eine Veränderung links im Scheitellappen, im gyrus angularis und im Hinterhauptlappen einher.

---

1) *Magnan,* Gaz. des hospitaux Nr. 59, 1883.

2) *Seppilli,* La sordità verbale. La rivista sperimentale di freniatria, 1884.

Ich glaube, daß vom Centrum der gegliederten Bewegungen der Sprache das Gleiche nicht gilt. In allen Fällen von Worttaubheit finden ſich wenigſtens im Anfang auch aphaſiſche Erſcheinungen und halbſeitige Lähmung des Körpers.

Magnan [1]) ſah bei einem 65jährigen Kranken Wortloſigkeit und Lähmung der rechten Seite. Die Aphaſie und die Lähmung beſſerten ſich aber, die Wortblindheit blieb unverändert beſtehen.

Trousseau [2]) theilte einen Fall mit, in dem die rechtsſeitige Lähmung und die Aphaſie nur vorübergehend waren; der Kranke ſprach wieder ganz tadellos, und doch war er der Fähigkeit, geſchriebene und gedruckte Schrift zu leſen, vollkommen verluſtig gegangen.

Ein Fall von *van den Abeele* [3]) entſpricht im Weſentlichen dem oben angeführten von *Trousseau*. Zehn Monate nach einem Schlaganfall bemerkt der Kranke, daß er ſeine eigene Schrift nicht zu leſen vermag, ebenſowenig irgend welche geſchriebene oder gedruckte Schriftzeichen. Nach mehrmonatlicher Uebung erreicht er es, zur Noth einige Worte wieder leſen zu können. Die geiſtigen Fähigkeiten waren etwas herabgeſetzt, das Gedächtniß geſchwächt.

Die Aphaſie und rechtsſeitige Lähmung ſtehen in ſo innigem Zuſammenhang mit der Wortblindheit, daß wir auch in dem Fall von *Samelsohn* alle dieſe Erſcheinungen vereint finden, wo doch die Verletzung ausſchließlich im Hinterhauptlappen ſaß. In einigen Fällen ſcheint die Wortblindheit zu fehlen, aber ſie tritt hier nur nicht ſo offen zu Tage. Es ſind dann keine aphaſiſchen Erſcheinungen vorhanden. Ein Beiſpiel hierfür giebt ein Fall von *Charcot*. Der betreffende Kranke vermochte die Schrift nur zu leſen und zu verſtehen, wenn er zu gleicher Zeit die entſprechende Schreibbewegung und die entſprechenden Bewegungen der Lippen

[1]) *Magnan*, Commun. à la Société de biologie, citirt von *Robin*. Paris. Thèse 1880.

[2]) *Trousseau*, Arch. gén. de med., 1865.

[3]) *Van den Abeele*, Bulletin de l'académie de méd. de Belgique, 1865.

ausführte und noch das Gehör zu Hülfe nahm. Die Herabſetzung des Sehgedächtniſſes war bei dieſen Kranken gewiß auch mit einer Schwächung des graphiſchen Gedächtniſſes verbunden. Doch gelang es ihnen vollkommen, dieſen Fehler auszugleichen, wenn ſie das ſeeliſche Sehcentrum durch jene drei Hülfsthätigkeiten der Sprache und Schrift in höhere Erregung verſetzten.

Aus all dem Geſagten geht deutlich hervor, daß ſowohl Verletzungen des Hinterhauptlappens, als ſolche des *Broca*'ſchen Centrum zu Wortblindheit Veranlaſſung geben können.

In den meiſten Fällen aber iſt der Sitz der Erkrankung in der zweiten Scheitelwindung und dem gyrus angularis linkerſeits.

Zwei Erklärungen werden für die Erſcheinung der Wortblindheit gegeben. Die eine, die von *Charcot*, *Wilbrand*, *Armaignac* und *Berlin*, hält an einem im Gehirn vorhandenen beſonderen Centrum der Sprache feſt; die andere, die von *Wernicke* aufgeſtellte, giebt nicht zu, daß die Wortblindheit auf Verluſt einer Thätigkeit gleicher Ordnung mit dem Sehen beruhe, die nur eigens dem Gedächtniß der Schriftzeichen diene, ſondern nimmt an, daß die Wortblindheit eine Erſcheinung zweiter Ordnung ſei und durch Unterbrechung der verbindenden Leitungsbahnen zwiſchen dem Erinnerungsbild des Sehgedächtniſſes und den entſprechenden Sprachcentren entſtehe.

Nach den oben angeführten Beobachtungen glaube ich berechtigt zu ſein, nach ihren Urſachen dreierlei Arten von Wortblindheit zu unterſcheiden:

1) ſenſoriſche Wortblindheit;

2) auf motoriſcher Störung beruhende Wortblindheit;

3) auf Leitungsunterbrechung beruhende Wortblindheit.

Die ſenſoriſche Wortblindheit geht mit dem Verluſt des Sehgedächtniſſes einher, welches, meiner Anſicht nach, das Gedächtniß für die Schrift mit umfaßt. Demnach gäbe es nur ein einziges Centrum ſeeliſcher Thätigkeit für das Gedächtniß und die Wiedervorſtellung der Gegenſtände mit Einſchluß der

gefchriebenen und gedruckten Schriftzeichen. Fälle reiner Seelenblindheit find fehr felten; indeß mußte man in denen, die zur Beobachtung gekommen find, doch auch gefunden haben, daß der Kranke die Fähigkeit, die Schrift zu erkennen und zu verftehen, nicht verloren habe, wenn es wirklich ein eigenes Centrum für die Schriftbilder gäbe, das unabhängig wäre von dem allgemeinen Sehgedächtniß. In einem der mitgetheilten Fälle war die Seelenblindheit von Unfähigkeit zu lefen (Alexie) begleitet. Es beftand Erweichung des Hinterhaupt- und des Sphenoïdallappens. Die dritte Stirnwindung war leicht entartet; die zweite Schläfenwindung und der gyrus angularis waren unverfehrt. In einem anderen Fall, der von *Samelsohn* berichtet wird, zeigte fich bei ausgebreiteter Zerftörung des linken Hinterhauptlappens Verluft des Sehgedächtniffes auch für gedruckte und gefchriebene Schriftzeichen. Außerdem findet fich bei Kranken mit Schwächung des Sehgedächtniffes im Allgemeinen auch ftets Herabfetzung des Gedächtniffes für die Schriftzeichen. Alles dies zufammen weift darauf hin, daß die Verletzungen des Sehgedächtniffes Wortblindheit zur Folge haben können, wenn auch die zweite Schläfenwindung und der gyrus angularis nicht mit ergriffen find.

Die Wortblindheit durch Bewegungsftörung fchließt jegliche Veränderung des Sehgedächtniffes aus, fie ift an aphafifche Erfcheinungen gebunden, gleichviel ob diefe von Verletzung der dritten Stirnwindung oder von einer zwifchen diefer und dem Centrum in der erften Schläfenwindung liegenden abhängen. Thatfächlich find vollftändig wortlofe Kranke auch nicht im Stand, die Schrift zu verftehen, wahrfcheinlich weil fie zu den betreffenden Schriftzeichen fich die entfprechenden Bewegungen der Lippen u. f. w. nicht in's Gedächtniß und Bewußtfein zurückzurufen vermögen.

Es werden Fälle von Aphafie mitgetheilt, in denen der Kranke das Gedächtniß für die Bewegungen beim Sprechen der Worte vollkommen verloren hatte und doch noch im Geift zu lefen im

Stande war, d. h. er verſtand die Schrift, vermochte aber auch nicht ein einziges Wort laut zu leſen. Dies ſteht durchaus nicht im Widerſpruch mit dem oben Geſagten, denn es iſt ganz gut zu vereinen, daß bei dem Untergang des ſeeliſchen Centrums der Ausſprache nur das Gedächtniß für den körperlichen Vorgang des Ausſprechens verloren geht, das Gedächtniß für das Ausſprechen im Geiſt aber vorhanden bleibt. In allen diesbezüglichen Fällen waren die Kranken nicht vollkommen aphaſiſch, ſondern ſie vermochten einige Sylben hervorzubringen; einige derſelben waren im Stand, Geleſenes zu verſtehen, vermochten aber für jedes Wort nur die eine Sylbe oder das eine Wort hervorzubringen, das ihnen geblieben war.

Die Wortblindheit durch Unterbrechung der Leitungsbahnen iſt die, welche am häufigſten vorkommt; ſie beruht auf einer Heerderkrankung mit Zerſtörung der Verbindungsfaſern, welche die articulirte Bewegung des geſprochenen Lautes mit dem entſprechenden Gedächtnißbild in Zuſammenhang bringen; die Bahnen, die von einem dieſer Centren zum andern führen, ſcheinen durch die zweite Schläfenwindung und den gyrus angularis zu gehen. *Charcot* hält den betreffenden Bereich für ein eigenes ſeeliſches Centrum; wäre dem ſo, ſo müßte jedenfalls dieſes Centrum unabhängig ſein von Veränderungen, welchen das Sehgedächtniß für Gegenſtände und das ſeeliſche Centrum des geſprochenen Wortes unterliegen; das Gedächtniß des Verſtändniſſes für geleſene Schrift müßte bei Aphaſiſchen unverſehrt ſein; Verletzungen der Rinde der Hinterhauptlappen dürften keinen Einfluß auf das Gedächtniß der Schriftzeichen haben; Verluſt des Gedächtniſſes für Schriftzeichen müßte endlich — wenn es unabhängig von Aphaſie wäre — wenigſtens in einzelnen Fällen ohne aphaſiſche Störungen beobachtet worden ſein. Aber wir finden gerade das Umgekehrte. Es ſind keine Fälle von Wortblindheit ohne Aphaſie bekannt, bei Aphaſie nach tiefliegenden Verletzungen, welche aber die zweite Scheitelwindung und den gyrus angularis frei laſſen, findet ſich nicht das Erhaltenſein der Fähigkeit, im Geiſte zu leſen; endlich

kann Verluft des Sehgedächtniffes vom Verluft des Gedächtniffes für gedruckte und gefchriebene Schriftzeichen begleitet fein.

Die vergleichende Unterfuchung der Krankheitsveränderungen bei Wortblindheit und der Krankheitsveränderungen bei Aphafie zeigt am deutlichften, daß man mehrere Arten von Wortblindheit zu unterfcheiden hat.

Magnan [1]) unterfcheidet nach dem Grad der Erfcheinung zwei Arten von Aphafie: Amnesia verbalis einerfeits und Logoplegia andererfeits.

Er fagt: «Lege ich mehrere Gegenftände dem Kranken vor, einen Federhalter, ein Stück Kreide und eine Uhr, und fage dem Aphafifchen, mir die Uhr oder den Federhalter zu zeigen, fo bleibt er gleichgültig, er verfteht den Sinn meiner Worte nicht, er erfaßt nicht den Zufammenhang zwifchen den Worten und dem Gedanken, welchen fie ausdrücken follen; er hat das Gedächtniß verloren für das Symbol, das den Gedanken zum Ausdruck bringt, ihm eine greifbare, verftändliche Geftalt giebt; er hat gewiffermaßen die geiftige, innere Sprache verloren, d. h. der Kranke leidet an Amnesia verbalis».

«Bitte ich hingegen den Aphafifchen der anderen Art, mir die Uhr zu geben, fo reicht er fie mir her, ebenfo die Kreide; frage ich ihn aber: ‚was ift dies?' indem ich auf Uhr oder Kreide deute, fo ift er nicht im Stande, mir die Antwort zu geben, ja er ift manchmal auch nicht einmal fähig, den Gebrauch des Gegenftandes durch Gebärden auszudrücken. Diefer Kranke hat die ‚innere Sprache' nicht verloren (das Verftändniß, die Begriffe), er weiß noch den Gedanken und den Ausdruck desfelben in ihrem Zufammenhang zu erkennen; die den Gegenftand bezeichnenden Laute erwecken in feinem Geift ein wohlbekanntes Bild, aber er ift nicht im Stand, es durch Laute wiederzugeben. Er ift logoplegifch.»

Vergleichen wir nun die Erfcheinungen der verbalen Amnefie und der Logoplegie mit denen der Wortblindheit.

[1]) *Magnan,* Leçons faites en 1880 à l'asile Ste-Anne. Tribune médicale, 1880.

Verbale Amneſie tritt bei Verletzung des Centrum der Wortbildung auf. Der Name des Gegenſtands iſt dem Kranken ganz fremd. Dem Gedächtniß eines Wortes beim Aphaſiſchen entſpricht der Werth des Erinnerungsbildes, der Schrift beim Wortblinden; iſt nun das Centrum des Sehgedächtniſſes zerſtört, ſo wird das Bild der Schrift keinen Werth mehr für uns haben, weil wir das Verſtändniß für ihre Bedeutung verloren haben; wir werden ſie darum nicht mehr leſen und nicht mehr ſchreiben können, wenn wir ſie auch noch auszuſprechen im Stand ſind, aber das Ausſprechen eines Wortes wird weder das entſprechende Bild, noch den entſprechenden Begriff in uns wach rufen. Andererſeits werden wir, wenn das Centrum der Ausſprache zerſtört iſt, wohl noch die Bedeutung und den Sinn eines Schriftzeichens begreifen, aber ſein Name wird uns nicht erinnerlich ſein, er wird uns als etwas ganz Fremdes erſcheinen. Im erſteren Fall iſt das Centrum der Ausſprache unbeſchädigt, wir können aber keinen Gebrauch davon machen, denn die Schriftzeichen ſind uns fremd; im zweiten Fall macht der Verluſt des Bewußtſeins der Bewegung des Ausſprechens uns ſogar das Leſen im Geiſt unmöglich, und die Schrift wird nicht in ihrer ganzen Bedeutung begriffen werden.

Bei der Logoplegie iſt das Centrum der Wortbildung unverſehrt, aber die Leitungsbahn iſt unterbrochen. Der Kranke iſt im Beſitz des Namens und des Begriffs des Gegenſtands, aber er vermag den Gegenſtand, den er bezeichnen will, nicht mit dem ihm eigenen Namen anzugeben. Er vermag den Gegenſtand in ſeiner Bedeutung zu bezeichnen, giebt ihm aber einen ihm nicht zukommenden Namen, und zeigt man ihm nun den Gegenſtand, deſſen Namen er fälſchlich dem anderen beigelegt hat, ſo vermag er nun dieſen Namen auch nicht mehr zu finden. Iſt die Verbindungsbahn zwiſchen dem Sehcentrum und dem Centrum der Ausſprache zerſtört, ſo iſt der Kranke im Beſitz des Erinnerungsbildes des Schriftzeichens, er vermag es niederzuſchreiben, kennt auch ſeinen Namen, weiß es aber, wenn er es ſieht, nicht zu benennen. Dies ſind die Fälle von reiner Wortblindheit, in welchen

der Kranke die Sprachfähigkeit vollkommen behalten und das Sehgedächtniß für die Schriftzeichen nicht verloren hat, wo aber die Verbindung zwiſchen dieſen Centren unterbrochen iſt und es dadurch zu dem gleichen Ergebniß kommt, als ob eines dieſer Centren oder beide zerſtört wären.

Ehe wir dieſen Abſchnitt beſchließen, müſſen wir über den Sitz und den Entſtehungsvorgang der Trugbilder (Hallucinationen) ſprechen.

Weſtphal fand an der Leiche eines an Farbenhallucinationen leidenden Kranken einen Erweichungsherd im rechten Hinterhauptlappen. *Gowers* fand bei einem anderen, der immer eine goldene Schlange zu ſehen gemeint hatte, eine Geſchwulſt im rechten Hinterhauptlappen. Ebenſo ſahen *Monakow*, *Tamburini* und *Riva* [1]) bei Kranken mit ſolchen Trugbildern ſtets Veränderungen in den Hinterhauptlappen.

Tamburini [2]) war es, der zuerſt die Lehre aufſtellte, daß die Hallucinationen ihren Sitz in den Sinnescentren der Hirnrinde haben. Er meint, daß ein Reizungszuſtand der Hirnrinde dieſe Erſcheinung ebenſo hervorriefe, wie Reizungszuſtände der pſychomotoriſchen Centren Krampfanfälle bedingen, nämlich durch Uebertragung auf die äußeren neuromuskulären Theile. Die Geſichtshallucinationen wären demnach die unmittelbaren Erſcheinungen eines wahren Krampfs des Sehbezirks.

Wetter [3]) theilt die Krankengeſchichte einer Frau mit, die bei Halbblindheit an Geſichtshallucinationen in den blinden Geſichtsfeldhälften litt. *Pick* [4]) berichtet von einem Kranken, deſſen rechtes Geſichtsfeld oben ſtark und innen ein wenig eingeengt war; derſelbe litt an Geſichtshallucinationen und zwar ſah er nur die obere Hälfte der Trugbilder.

---

[1]) *Tamburini* und *Riva,* Atti del congresso freniatrico, 1884.
[2]) *Tamburini,* Rivista sper. di freniatria, 1880.
[3]) *Wetter,* Deutſch. Archiv für Klin. Med., 1882.
[4]) *Pick,* Lehrbuch der Pſychiatrie, 1880.

Luciani und *Seppilli* nehmen für den Fall von *Wetter* eine Erkrankung an, die das rechte intracerebrale Bündel der optifchen Fafern verfehrt habe, welche von der rechten Hälfte beider Netzhäute ftammen, und meinen, diefe Zerftörung habe eine Reizung der den verletzten Fafern entfprechenden Sehbeftandtheile der Hirnrinde bedingt. Ich glaube, auch den Fall von *Pick* kann man auf gleiche Weife erklären, fo daß man berechtigt ift anzunehmen, daß ein von außen nach innen gehender Reiz im Stand ift, Trugbilder hervorzurufen. Die Anficht *Tamburini*'s, daß eine krankhafte Reizung der pfychomotorifchen Rindencentren einen Krampfanfall hervorrufe durch Ausftrahlung auf äußere neuromuskuläre Theile, würde mit einer von innen nach außen gehenden Erregung zufammenfallen, welche von den Rindenzellen aus die äußeren Theile erregte. Es wäre demnach fowohl die Möglichkeit gegeben, daß ein Erkrankungsherd, der die Sehbahnen reizt, eine Uebertragung des Reizes auf die Rindentheile zur Folge hätte, als auch, daß eine Erregung, die fich im Rindenherd entwickelt, fich auf die äußeren Theile übertrüge.

Es widerfpricht dem die Annahme nicht, daß die Erregung der Gehirnzelle, in den Fafern der Sehnerven fortgeleitet, fich als Reiz auf die Beftandtheile der Netzhaut übertrage, worauf diefe mit der ihnen eigenen Energie antworten würden.

Demnach wären Lichterfcheinungen — wenn folche in den Hallucinationen auftreten — auf die den Netzhauttheilchen eigene Zufammenziehung zurückzuführen. In anderen Fällen kann auch der auffteigende Reiz — das Ergebniß der in der Netzhaut aufgetretenen Erregung — im Stande fein, die feelifche Sehzelle in Erregung zu verfetzen, welche ihrerfeits irrthümlicher Weife diefen Reiz auf ein bekanntes Erinnerungsbild bezieht.

Ich fchließe hiermit den Abfchnitt über die Localifation der Gehirn-Sehcentren, indem ich mir wohl bewußt bin, in manchen Fragen, die das cerebrale Sehen betreffen, auf Grund meiner Verfuche und gewichtiger Thatfachen von den von anderen Unterfuchern verfochtenen Anfchauungen abgewichen zu fein.

So mußte ich die Eigenſchaft der Netzhaut, auf jeden Licht- und Farbenreiz mit einer eigenen Thätigkeit zu antworten, betonen und muß darum der Netzhaut die Aufgabe zuerkennen, den Licht- und Farbeneindruck zu unterſcheiden und einen centripetalen Reiz zu entwickeln, der die Außenwelt mit dem empfindenden und wahrnehmenden Centrum in Verbindung bringt.

Dem Sehcentrum im Gehirn ſind zwei Aufgaben vorbehalten, erſtens den centripetalen Reiz zu empfinden; das Ergebniß dieſer Empfindung iſt das einfache (unbewußte) Sehen; zweitens die Wahrnehmung dieſes Vorgangs des blöden Sehens. Im erſteren Fall ſieht das betreffende Geſchöpf, ohne daß ihm zum Bewußtſein kommt, was es ſieht; dieſe Fähigkeit wird ihm nur dann zu Theil, wenn das Wahrnehmungscentrum des Sehens im Stande iſt, die einfache Empfindung aufzunehmen. Ich habe betont, daß das Centrum des Gehirn-Sehens kein einfaches iſt; in der That kommt das einfache Sehen den Nervenzellen der Ganglien zu, die im Verlauf der Sehnervenfaſern eingeſchoben ſind, während das Centrum des bewußten (intellectuellen) Sehens, d. h. jenes Centrum, dem das Erinnerungsbild des Geſehenen innewohnt, und in dem die Vorſtellung desſelben ſich bildet, von den Nervenzellen gebildet wird, welche in der Hinterhauptrindenmaſſe liegen.

Nur bei ſolcher Anordnung vermag ich es mir zu erklären, wie das Sehen jedem Geſchöpf gegeben iſt, bei welchem das peripheriſche Organ des Sehens mit den Sehganglien des Mittelhirns in Verbindung ſteht. Der Vorgang des Sehens findet bei ihnen auch dann ſtatt, wenn letztere auch nur unvollſtändig ausgebildet ſind. Aber das Geſchöpf bringt Sehen und Handeln nur reflectoriſch in Einklang, es empfindet ohne Theilnahme des Bewußtſeins, und handelt ohne ſich deſſen bewußt zu ſein.

Das bewußte Sehen iſt nur den Thieren eigen, deren Gehirn ſich bis zu den Halbkugeln entwickelt hat; aber die unter den Säugethieren ſtehenden Wirbelthiere ſcheinen mir dieſes bewußte Sehen nur in ſehr geringem Maß zu beſitzen, vielleicht in ſo geringem Maße, daß ſeine Aeußerungen nicht nachzuweiſen ſind.

Ein Beifpiel hierfür haben wir an den Tauben, denen die Hirnhalbkugeln abgetragen wurden.

Beim Menfchen giebt es nur ein Sehen mit Theilnahme der Seele, er kennt kein unbewußtes Zufammenwirken von Sehempfindungen und Handlungen. Er durchlebt fein Dafein, indem er fich in all feinen Handlungen an die Urtheile hält, die das Ergebniß von Eindrücken find, welche er mittelft der Sinne empfangen und mit der Seele verftanden hat. So geht beim Menfchen ein Act des Verftandes nicht nur aus der beftimmten Thätigkeit eines einzigen feelifchen Centrum hervor, fondern meiftens aus dem Zufammenwirken verfchiedener Centren; hierfür kann die Thätigkeit des Schreibens und des Lefens als Beifpiel dienen. Es bedürfen die feelifchen Vorgänge, die aus zufammengefetzten Thätigkeiten, bei welchen mehrere befondere Centren zufammenwirken, hervorgehen, keines eigenen feelifchen Rindencentrums. Ich halte es alfo für unzuläffig, für die Thätigkeit des Lefens ein befonderes Rindencentrum beim Menfchen aufzuftellen.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Die den Abbildungen beigefetzten Buchftaben haben folgende Bedeutung:

a b Spitze der Stäbchen.
b p Farbftoffhaltiger Zellkörper.
b s Stäbchen mit kurzem äußeren Glied (*Schwalbe*'fches Stäbchen).
c Zapfen.
c l Lymphraum.
c i Unbewegliches Zäpfchen.
c p Protoplasmatifche Kuppe.
g a Aleuronoïdes Körnchen.
g e b Aeußeres Korn des Stäbchens.
g e c Aeußeres Korn des Zapfens.
g o Fetttröpfchen der Epithelzelle.
g o c Fetttröpfchen des Zapfens.
l b Linfe der Stäbchen.
l c Linfe der Zapfen.
m e b Aeußeres Glied der Stäbchen.

m e c Aeußeres Glied der Zapfen.
m l e Membrana limitans externa.
m m b Myoïdes Glied der Stäbchen.
m m c Myoïdes Glied der Zapfen.
m r Membrana reticularis der Netzhaut.
n Kern der Epithelzelle.
p r Netzhautpigment.

Fig. 1. Epithelzelle der Froſchnetzhaut. Zuſtand in Dunkelheit. *Hartnack*, Ocul. 2. Objectiv 9.

Fig. 2. Epithelzelle der Froſchnetzhaut. Zuſtand in Beleuchtung. H. 2. 9.

Fig. 3. Froſchnetzhaut, Dunkelheit, Stäbchen- und Zapfenſchicht. H. 4. 7.

Fig. 4. Froſchnetzhaut. Netzhautbild. Gleichzeitige Einwirkung von Hell und Dunkel auf an einander grenzende Stellen. H. 4. 7.

Fig. 5. Froſchnetzhaut. Stäbchen- und Zapfenſchicht. Zuſtand im Halbdunkel. H. 2. 7.

Fig. 6. Froſchnetzhaut. Stäbchen- und Zapfenſchicht. Fünf Minuten langes Einwirken von Kerzenlicht. H. 2. 7.

Fig. 7. 8. Netzhautbild in der Netzhaut eines Auges, das im Leben zwanzig Minuten lang einem Druck ausgeſetzt geweſen war. (Abbildg. 7.) Netzhautbezirk aus der Nähe der gedrückten Stelle. (Abbildg. 8.) Stelle der ſtärkſten Druckeinwirkung. H. 2. 5.

Fig. 9. Farbſtoffhaltige Epithelialzellen der Netzhaut einer Testudo marina. Zuſtand im Dunkeln. H. 2. 9.

Fig. 10. Zapfenſchicht der Testudo marina. Zuſtand im Dunkeln. H. 2. 9.

Fig. 11. Farbſtoffhaltige Epithelialzellen der Netzhaut von Testudo marina nach Einwirkung von Licht. H. 2. 9.

Fig. 12. Zapfenſchicht der Netzhaut von Testudo marina nach Einwirkung von Licht. H. 2. 9.

Fig. 13. Stäbchen- und Zapfenſchicht der Netzhaut von Salamandra maculata. Zuſtand im Dunkeln. H. 2. 7.

Fig. 14. Stäbchen- und Zapfenſchicht der Netzhaut von Salamandra maculata nach Einwirkung von Licht. H. 2. 7.

Fig. 15. Epithelialzelle der Netzhaut eines Albino-Kaninchens von der Fläche geſehen nach Einwirkung von Licht. H. 2. 9.

Fig. 16. Epithelialzelle der Netzhaut eines Albino-Kaninchens von der Fläche geſehen. Zuſtand im Dunkeln. H. 2. 9.

Fig. 17. Farbſtoffhaltige Epithelialzelle der Netzhaut vom Kaninchen nach Einwirkung von Licht. H. 2. 9.

Fig. 18. Farbſtoffhaltige Epithelialzelle der Netzhaut vom Kaninchen im Dunkeln. H. 2. 9.

Fig. 19. Stäbchen- und Zapfenſchicht der Froſchnetzhaut nach Einwirkung von Licht. H. 3. 8.

Fig. 20. Stäbchen- und Zapfenſchicht der Netzhaut vom Froſch nach einer 1 Stunde langen Einwirkung von Tönen. H. 3. 8.

Fig. 21. Stäbchen-, Zapfen- und Epithelialzellenſchicht der Netzhaut vom Froſch nach einer zehn Minuten langen Einwirkung rothen Spectrallichts. H. 4. 5.
Fig. 22. Desgleichen nach Einwirkung gelben Spectrallichts.
Fig. 23. Desgleichen nach Einwirkung grünen Spectrallichts.
Fig. 24. Desgleichen nach Einwirkung violetten Spectrallichts.
Fig. 25. Desgleichen nach Einwirkung blauen Spectrallichts.
Fig. 26. Stäbchen- und Zapfenſchicht der Netzhaut von Columba livia. Hier iſt der beſondere Bau der Netzhaut im Bereich des größten Umkreiſes des Augapfels wiedergegeben, wie er allen Wirbelthieren eigen iſt. Die Epithelialzelle ſtreckt ſich mit ihrem farbſtoffhaltigen Körper nach vorn und ſtellt ſich ſchief zur Richtung der Stäbchen. Dieſer eigenthümliche Bau iſt ſicher nicht ohne optiſche Bedeutung. H. 2. 9.
Fig. 27. Netzhaut vom Froſch. Schicht der Stäbchen, Zapfen und Epithelialzellen nach zehn Minuten langer Einwirkung von rothem Licht. H. 1. 5.
Fig. 28. Desgleichen nach Einwirkung von gelbem Licht. H. 1. 5.
Fig. 29. Desgleichen nach Einwirkung von grünem Licht. H. 1. 5.
Fig. 30. Desgleichen nach Einwirkung von blauem Licht. H. 1. 5.
Fig. 31. Desgleichen nach Einwirkung von hellviolettem Licht. H. 1. 5.
Fig. 32. Schicht der Stäbchen, Zapfen und Epithelialzellen der Netzhaut von Columba livia. Zuſtand im Dunkeln. H. 2. 7.
Fig. 33. Schicht der Stäbchen, Zapfen und Epithelialzellen der Netzhaut von Columba livia nach Einwirkung von Licht. H. 2. 7.
Fig. 34. Epithelialzellenſchicht vom Froſch, von der Fläche geſehen. Auf derſelben breitet ſich die membrana reticularis der Netzhaut aus.

Tafel II.

Die den Abbildungen beigeſetzten Buchſtaben haben folgende Bedeutung:

c Commissur.
c g e Aeußerer Kniehöcker (lateraler).
c g i Innerer Kniehöcker (medialer).
c g *Gudden*'ſche Verbindungsfaſern.
c M *Meynert*'ſche Verbindungsfaſern.
c m Eminentiae mammillares.
f c Gekreuztes Bündel.
f d Ungekreuztes Bündel.
f l *Luys*'ſches Bündel.
F O Optiſches Bündel.
n o d Rechter Sehnerv.
n o s Linker Sehnerv.
p Pedunculi.
p u Kiſſen (pulvinar).
t o Tractus opticus.

t o d Rechter tractus opticus.
t o s Linker tractus opticus.

Fig. 1. Tractus opticus vom Kaninchen mit Schwund des rechten Sehnerven nach Herausnahme des rechten Auges. Schwund des tractus der anderen Seite. Natürl. Größe.

Fig. 2. Schwund des Sehnerven rechts, beide tractus fcheinen entartet (vom Hirn eines Hundes). Natürl. Größe.

Fig. 3. Schwund des Sehnerven rechts; vom Menfchen. Beide tractus find deutlich entartet. Natürl. Größe.

Fig. 4. Wagerechter Schnitt durch das Chiasma beim Kaninchen, entfprechend der Abbildung 1. Vergrößerung 9 mal.

Fig. 5. Sehganglien der Hirnbasis von Fig. 3. Natürl. Größe.

Fig. 6. Wagerechter Schnitt durch das Chiasma. Entfprechend dem in Abbildung 2 wiedergegebenen Fall. Vergrößerung 10 mal.

Fig. 7. Senkrechter Schnitt durch den tractus links von dem in Fig. 2 wiedergegebenen Fall. Vergrößerung 33 mal.

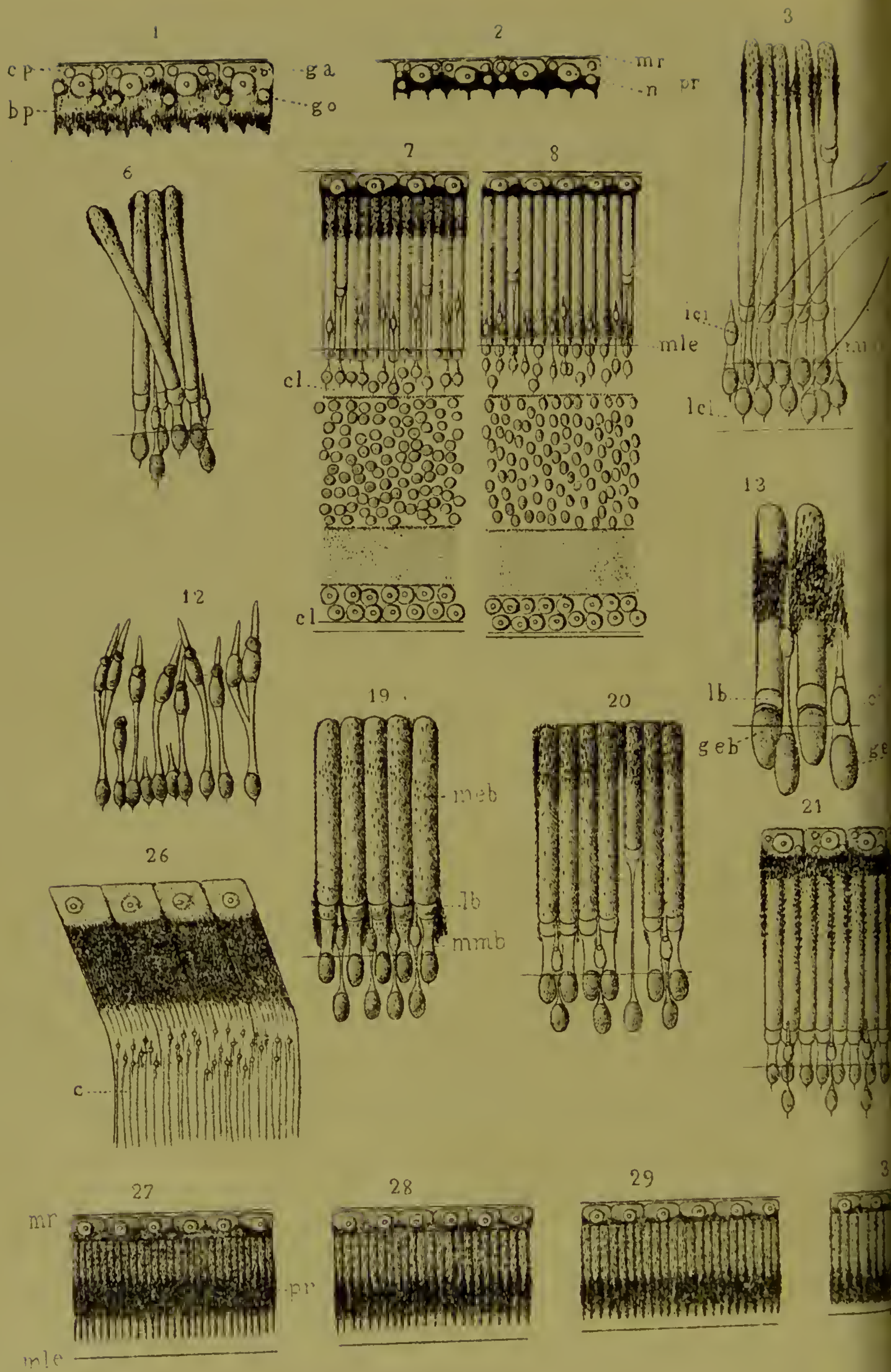
Fig. 8. Desgleichen vom rechten tractus. Vergrößerung 33 mal.

Fig. 9. Wagerechter Schnitt durch das Chiasma des Menfchen nach Schwund des rechten Sehnerven. Vergrößerung 7 mal.

Fig. 10. Senkrechter Schnitt durch den rechten tractus vom vorhergehenden Fall. Vergrößerung 11 mal.

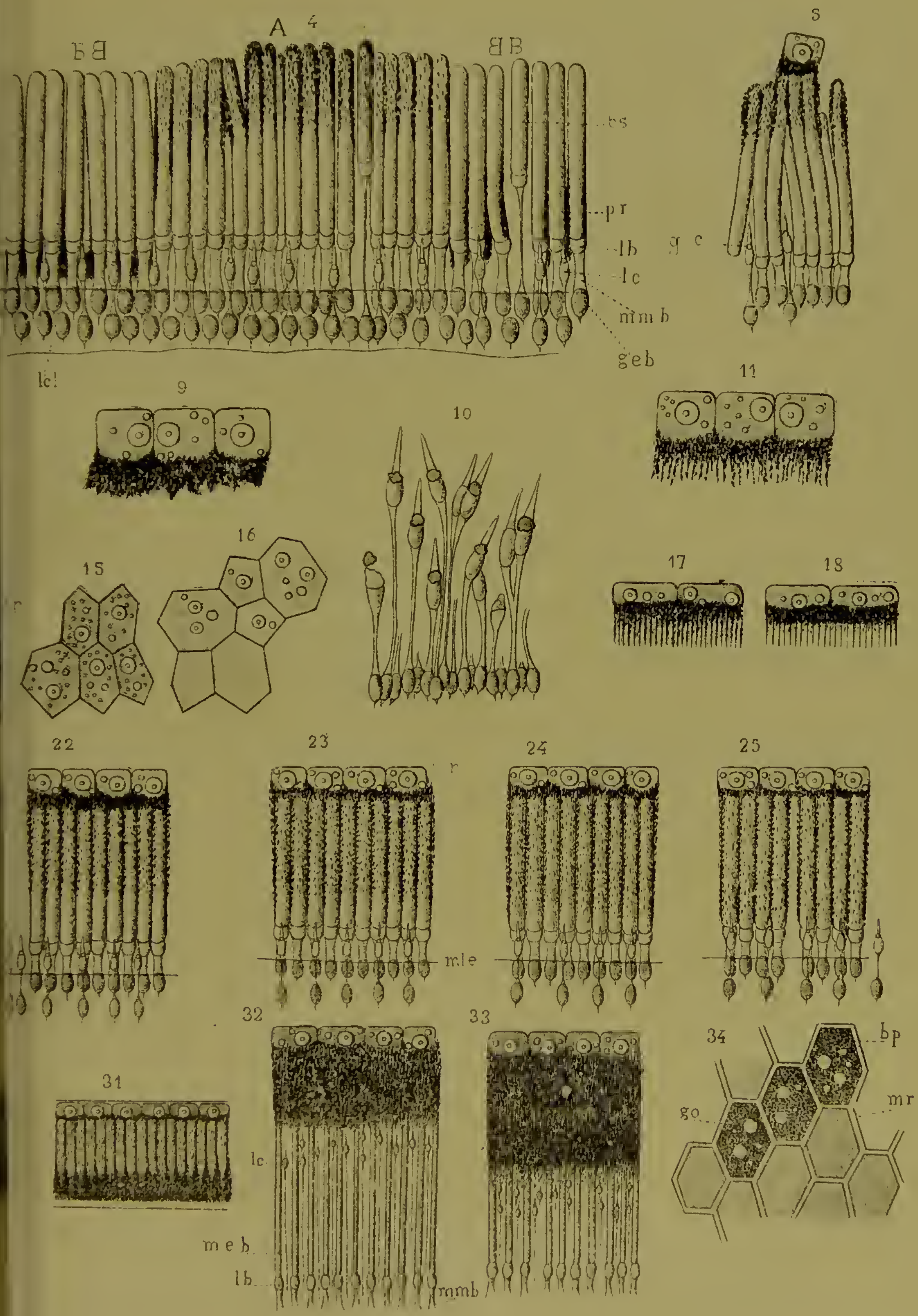
Fig. 11. Desgleichen fenkrechter Schnitt durch den linken tractus. Vergrößerung 11 mal.

Fig. 12. Tractus opticus vom Menfchen in der Nähe des äußeren Kniehöckers. Längsfchnitt. Vergrößerung $3^1/_2$ mal.



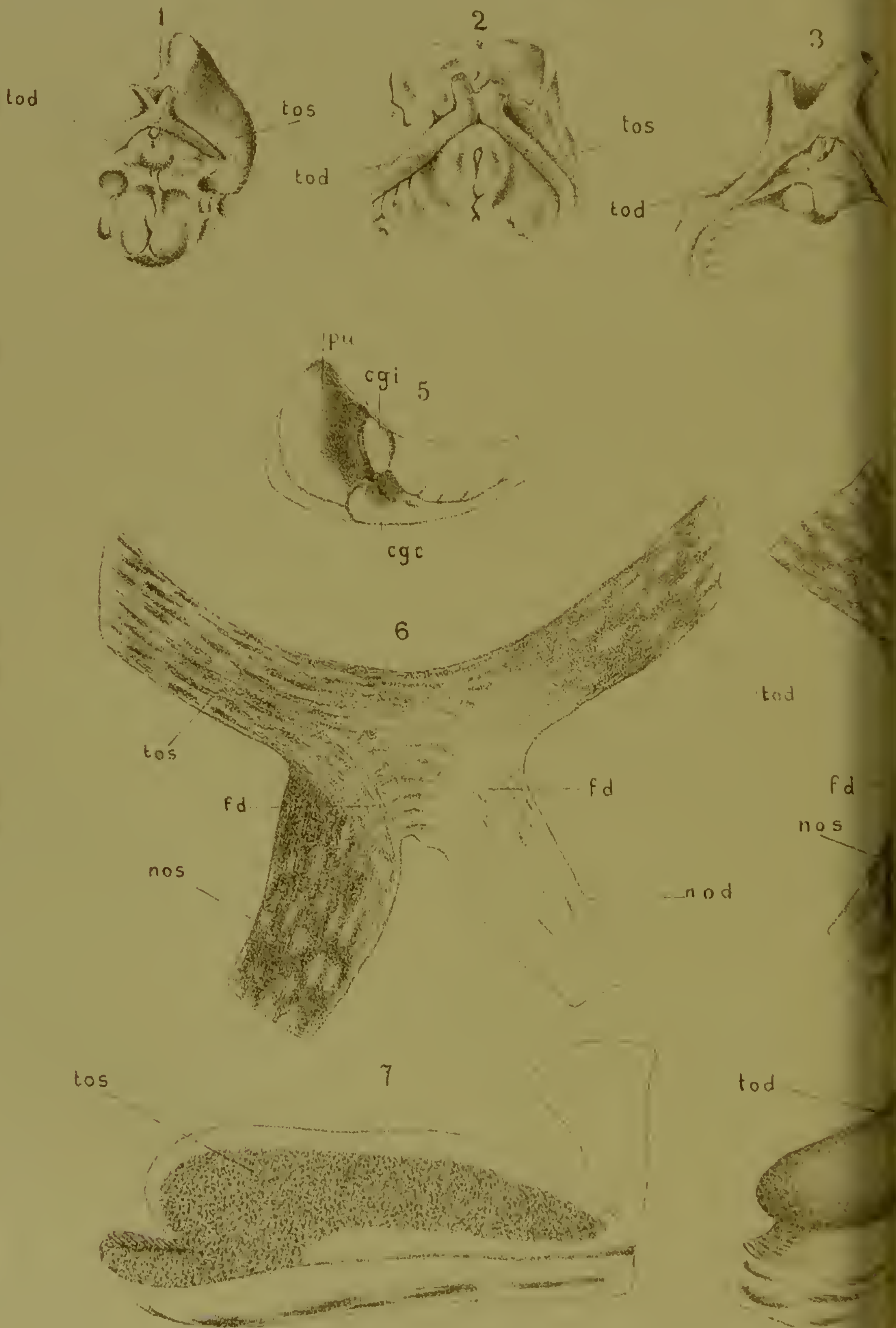
1
2
3
cp
bp
ga
go
mr
n
pr
6
7
8
cl
cl
mle
lcl
lcl
12
13
lb
geb
19
meb
lb
mmb
20
21
26
c
27
28
29
mr
pr
mle

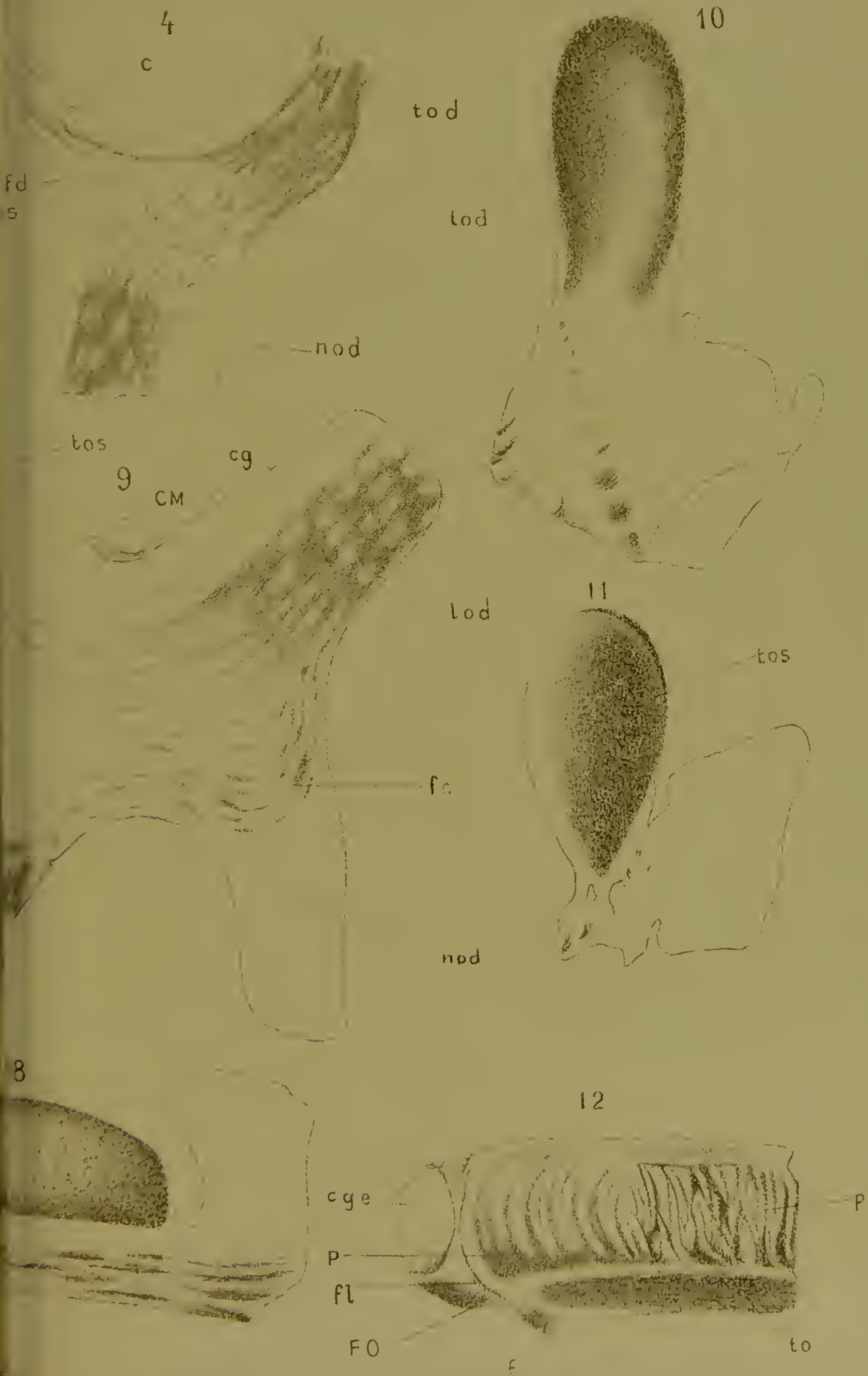
A. Angelucci



A
4
BB
BB
bs
pr
lb
lc
mmb
geb
lc
5
g c
9
10
11
15
16
17
18
22
23
24
25
mle
32
33
34
bp
mr
go
31
lc
meb
lb
rnmb

rio inc


1
tod
tos
tod
2
tos
tod
3
pu
cgi
5
cgc
6
tod
tos
fd
fd
fd
nos
nos
nod
7
tos
tod


4
c
tod
fd
s
tod
nod
tos
9
cg
CM
lod
fc
11
tos
10
nod
8
12
cge
P
fl
FO
f
to
P